PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 24. | 1. Dezember 1904. | 5. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 25 am 30. November 1904.

INHALT:

Vorträge und Diskussionen von der 76. Naturforscherversammlung zu Breslau:
W. Nernst, Beitrag zur Strahlung der Gase. S. 777.
E. Grimsehl, Demonstration eines Pendels mit direkt messbarer Pendellänge. S. 780.
A. Voller, Versuche über die zeitliche Abnahme der Radioaktivität und über die Lebensdauer geringer Radiummengen im Zustande sehr feiner Verteilung. S. 781.
Originalmitteilungen:
R. W. Wood, Die N-Strahlen. S. 789.
H. Wommelsdorf, Über die Abhängigkeit der Stromstärke, Leistung sowie des Wirkungsgrades der Influenzmaschinen von dem Entladepotential. S. 792.
O. Nussbaumer, Kurzer Bericht über Versuche zur Übertragung von Tönen mittels elektrischer Wellen. S. 796.
W. J. Müller u. J. Koenigsberger, Über das Reflexionsvermögen an aktivem und passivem Eisen. S. 797.
Zusammenfassende Bearbeitungen:
H. Bonin, Über Dampfturbinen. S. 798.
Referate:
S. Figee, Elektrische Beobachtungen zu Batavia und an der Westküste von Sumatra während der totalen Sonnenfinsternis am 18. Mai 1901. S. 803.
J. M. Eder und E. Valenta, Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse. S. 804.
Besprechungen:
W. Kösters, Der Gummidruck. S. 805.
E. Holm, Das Photographieren mit Films. S. 806.
Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik 1904. S. 806.
Metallurgie (Zeitschrift). S. 806.
C. E. Bergling, Stereoskopie für Amateur-Photographen. S. 806.
W. Scheffer, Anleitung zur Stereoskopie. S. 806.
Das Naturwissenschaftliche Laboratorium der Universität Leiden 1882 bis 1904. Gedenkbuch für H. Kamerlingh Onnes. S. 807.
Beiträge des Jefferson Physik-Laboratoriums der Harvard-Universität. I. S. 807.
Berichtigungen. S. 808.
Briefkasten. S. 808.
Personalien. S. 808.

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 76. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU BRESLAU.

W. Nernst (Göttingen), Beitrag zur Strahlung der Gase.[1])

Von einer Reihe Forscher, in neuester Zeit von A. Langen in Dresden[2]), sind Versuche über den Druckverlauf angestellt worden, wie er bei der Explosion eines in einer Bombe eingeschlossenen entzündlichen Gasgemisches stattfindet. Diese Versuche hatten bekanntlich in erster Linie die Bestimmung der spezifischen Wärme der Gase bei hohen Temperaturen zur Absicht; der Druckverlauf wurde mit Hilfe eines Indikators graphisch aufgetragen und es wurde daraus die maximale bei der Explosion erreichte Temperatur abgeleitet.

Nachdem der chemische Prozess abgelaufen ist, haben wir in der Bombe eine hoch erhitzte Gasmasse, die sich durch Konvektion, Leitung und Strahlung abkühlt. Als ich über den Abkühlungsverlauf mich zu orientieren suchte, um die Frage, inwieweit ein chemisches Gleichgewicht sich im Momente der Explosion einstellt, behandeln zu können, gelangte ich zu einer ziemlich einfachen Formel, über die ich hier kurz berichten möchte.

Aus den Versuchen, die in jüngster Zeit von Hartmann[3]) über die Wärmeabgabe elektrisch glühender Fäden in freier Luft angestellt wurden, übrigens demnächst noch eine weitere Ergänzung erfahren sollen, liess sich schliessen, dass die Wärmeabgabe durch Leitung und Konvektion bei grossen Temperaturdifferenzen annähernd der ersten Potenz der letzteren proportional ist. Indem wir auch für den vorliegenden Fall diese zunächst freilich diskutable Annahme machen, setzen wir die Wärmeabgabe

$$(1)\qquad -\frac{dQ}{dt} = \alpha(T - T_0) + \beta(T^n - T_0^n),$$

worin also das erste Glied, welches übrigens für unsere Zwecke nur die Stelle einer Korrektionsgrösse spielt, der Wärmeleitung und Konvektion, das zweite der Strahlung Rechnung trägt; es bedeutet Q die abgegebene Wärme, T die absolute Temperatur zur Zeit t und T_0 die Temperatur der Bombenwandung.

Von den von Langen angeführten Diagrammen zeigen, wie es scheint infolge nachträglich verlaufender chemischer Prozesse, diejenigen, welche sich auf die Explosion von Kohlenoxydknallgas beziehen, starke Unregelmässigkeiten. Ich habe daher zunächst das l. c. S. 32 mitgeteilte Diagramm, welches sich auf ein Gemisch von

$$1{,}05 \text{ Volum } H_2O + 3{,}23 \text{ Volum Luft}$$

bezieht, einer Rechnung nach den angegebenen Gesichtspunkten unterworfen.

In der untenstehenden Tabelle befinden sich in der ersten Kolumne die in mm auf dem Diagramm gemessenen Drucke, welche einem bestimmten Punkte der Trommel des Indikators entsprechen; da die Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel 0,26 Sekunden betrug, so sind diese Werte die Drucke, welche sich nach je 0,26 Sekunden gefolgt sind; dem Drucke eines Kilogramms pro cm² entsprechen 3,73 mm. In der folgenden Kolumne sind die aus den

1) Vorgetragen in Abteilung 2 am 21. Sept.
2) Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens Heft 8, Berlin 1903.
3) Diese Zeitschr. 5, 579, 1904.

Drucken abgeleiteten absoluten Temperaturen T verzeichnet; da der Temperatur der Umgebung $= 280$ der Druck 3,4 entsprechen würde, so folgt $T = \frac{p}{3,4}\,280$. In der dritten Kolumne finden sich die Differentialquotienten $-\frac{dp}{dt}$, von denen die beiden ersten graphisch, die übrigen durch Rechnung abgeleitet worden sind. Da die in der Zeit dt abgegebenen Wärmemengen dQ dem Produkt von Temperaturabfall und spezifischer Wärme proportional sind, so sind die Werte von $-\frac{dp}{dt}$ mit $1 + \alpha(T - 273)$ zu multiplizieren, um $\frac{dQ}{dt}$ proportionale Grössen zu erhalten. Für den Temperaturkoeffizienten α berechnet sich nach den von Langen gegebenen Zahlen für obiges Gemisch 0,00039. Die Werte

$$\frac{d\pi}{dt} = \frac{dp}{dt}(1 + 0,00039\,[T - 273])$$

stehen in der vierten Kolumne.

Der Exponent n in Gleichung 1 ergiebt sich nun auffallenderweise gleich 4; man erhält nämlich einen guten Anschluss an die Erfahrung, wie der Vergleich der vierten und fünften Kolumne zeigt, wenn man

$$(2)\quad -\frac{d\pi}{dt} = 0,097(p - 3,4) + 0,000057(p^4 - 3,4^4)$$

setzt. Die Abweichungen übersteigen fast nirgends die Messungsfehler; wenn bei weit vorgeschrittener Abkühlung die berechneten Zahlen vielleicht merklich grösser werden, als die beobachteten, so erklärt sich dies wohl sehr einfach dadurch, dass gegen Ende der Abkühlungsperiode, woselbst es sich um kleinere Temperaturdifferenzen handelt, die Erwärmung der Innenwand der Bombe ein wenig verzögernd wirkt.

In den letzten beiden Kolumnen sind die beiden Glieder der Gl. (2) verzeichnet; man ersieht daraus, dass bei hohen Temperaturen grossenteils die Strahlung, bei niederen hingegen Konvektion und Leitung wirksam sind.

p	T	$-\frac{dp}{dt}$	$-\frac{d\pi}{dt}$ beob.	$-\frac{d\pi}{dt}$ ber.	$0,097(p-3,4)$	$0,000057(p^4-3,4^4)$
24,0	1980	12,4	20,7	20,5	2,0	18,5
16,7	1378	4,1	5,8	5,7	1,3	4,4
13,7	1130	2,17	2,88	2,99	1,00	1,99
11,9	982	1,48	1,89	1,96	0,82	1,14
9,6	792	0,88	1,05	1,08	0,60	0,48
8,1	668	0,64	0,74	0,69	0,45	0,24
7,0	577	0,44	0,49	0,48	0,35	0,13
6,0	495	0,25	0,27	0,31	0,25	0,06
5,2	439	0,15	0,16	0,20	0,17	0,03

Der gewiss auffällige Umstand, dass die Strahlung der vierten Potenz der absoluten Temperatur proportional ansteigt, legt den Vergleich mit der Strahlung eines schwarzen Körpers nahe. Indem wir beachten, dass in Gl. (2) als Zeiteinheit nicht die Sekunde, sondern 0,26 Sekunden dienten, dass ferner der Inhalt des Gefässes 34 Liter betrug und somit die Wärmekapazität des Gefässinhalts bei 0°, worauf ja die Abkühlungsgeschwindigkeiten reduziert sind,

$$\frac{34}{22,4} \cdot \frac{273}{280} \cdot 5,01 = 7,40$$

(5,01 = Molekularwärme der Gasmischung bei konstantem Volum) ausmacht, ergiebt sich für den Verlust durch Wärmestrahlung

$$\frac{0,000057}{0,26 \cdot 82,53} \cdot 7,40(T^4 - T_0^4)$$
$$= 2,89(T^4 - T_0^4) \cdot 10^{-9}\,\frac{g\text{-cal}}{\text{sec}}.$$

Die Oberfläche der Gasmasse lässt sich schätzungsweise als zwischen 5500 und 6500 cm^2 liegend ermitteln. Somit würde die Strahlung eines schwarzen Körpers von der Gasmasse gleichen Dimensionen

$$6000 \cdot 1,28 \cdot 10^{-12}(T^4 - T_0^4)$$
$$= 7,7(T^4 - T_0^4) \cdot 10^{-9}\,\frac{g\text{-cal}}{\text{sec}}$$

betragen: sie wäre nach obigen Betrachtungen also nur kaum dreimal so gross, als diejenige der Gasmasse.

In ähnlicher Weise habe ich auch das S. 33 der Langenschen Arbeit mitgeteilte Diagramm berechnet, welches ein Gemisch von 1,042 Volum Wasserdampf und 2,33 Volum Kohlensäure betrifft. Die Konvektion und Leitung ergab sich, wie von vornherein zu erwarten, hier merklich kleiner, der Koeffizient der Strahlung jedoch mehr als doppelt so gross, als im zuerst untersuchten Falle. Hier wäre demnach die schwarze Strahlung praktisch erreicht, wobei freilich zu beachten ist, dass die immerhin etwas unsichere Korrektion infolge der Änderung der spezifischen Wärme mit der Temperatur hier sehr bedeutend ist und dass so der für die Strahlung berechnete Wert möglicherweise zu hoch ausgefallen sein kann.

Theoretische Folgerungen aus obigen Ergebnissen zu ziehen, zu denen ich, wie eingangs bemerkt, ganz nebenbei gelangte, möchte ich mir hier versagen; doch steht zu hoffen, dass man auf dem angegebenen Weg relativ leicht zur Messung der bisher noch wenig bekannten Wärmestrahlung der Gase bei hohen Temperaturen wird gelangen können.

Diskussion.

Lummer-Berlin: Sind Sie direkt imstande, die Konstante des Stefanschen Gesetzes zu bestimmen?

Nernst: Jawohl. Freilich kann man die

Strahlung einer Gasmasse von innen heraus nicht ohne weiteres vergleichen mit der Strahlung nach dem Stefanschen Gesetz, wo die Strahlung von der Oberfläche kommt.

Lummer: Es ist also die Gesamtstrahlung des Wasserdampfes vergleichbar mit der des schwarzen Körpers, der alle Strahlen aussendet, während die Strahlung des Wasserdampfes sich nur auf ein kleines Wellenlängengebiet erstreckt.

Pringsheim-Berlin: Wenn wir es mit hohen Drucken zu thun haben, so wissen wir, dass die Absorptionsbanden sich verbreitern und die Gasstrahlung der eines festen Körpers ähnlich wird. So kann ich mir das Resultat plausibel machen, das sonst sehr überraschend wäre.

Nernst: Der Druck betrug maximal 6 Atmosphären. Aber es kommt doch auf die Dichte an, und das Gas ist materiell sehr dünn, und das ist mir das Überraschende, dass dieses materiell dünne Gas so ähnlich strahlt wie ein fester Körper.

Lummer: Dass das Gas bei 6 Atmosphären etwa sich verhalten sollte, wie ein schwarzer Körper, ist mir durchaus unklar. Wir versuchten, Kohlensäure im Bunsenbrenner schwarz zu machen. Wir bolometrierten den Bunsenbrenner. Dann bekommt man die Kohlensäurebande und eine Wasserdampfbande. Das übrige Spektrum hat keine Energie. Dann haben wir eine Reihe Bunsenbrenner hintereinander angeordnet und wir fragten, bei welcher Dicke der strahlenden Schicht wird für diese Stelle des Spektrums die Strahlung des Gases gleich der des schwarzen Körpers? Um dies zu entscheiden, sandten wir die eigene Strahlung noch einmal mit Hilfe eines versilberten Hohlspiegels durch die Flammenreihe hindurch. Wenn ihre Strahlung schwarz ist, bekommt man durch den Hohlspiegel keine Verstärkung. Die Strahlung der Kohlensäure konnten wir auf diese Weise der schwarzen gleich machen, bei Wasserdampf gelang dies nicht. Wir glaubten, durch diese Methode, wenn wir es zur Schwärze bringen könnten, vielleicht ein Mittel zu erhalten, die Temperatur zu bestimmen. Wir brauchten nur die Energiekurve des schwarzen Körpers zu suchen, der für die betreffende Wellenlänge dieselbe Energie hat. Das war für einen schwarzen Körper von 1840^0 abs. der Fall. Ich würde abschweifen, wenn ich weiter auf die Schlüsse eingehen wollte, die daraus zu ziehen sind. Denn uns schien diese Temperatur zu gering zu sein. Wir deuten das dadurch, dass die Kohlensäurebande wieder aus einzelnen Banden besteht, die sich bei der geringen Dispersion, die wir haben, überlagern, so dass wir nicht die Energie herausbekommen, die wir bei einem Kontinuum hätten. Ich würde in dem von Nernst behandelten Falle niemals erwarten, die Energie des gesamten schwarzen Körpers zu bekommen, sondern nur die, welche in demjenigen engen Wellenlängenbereiche liegt, den die Banden des Wasserdampfes resp. der Kohlensäure einnehmen. Das ist das, was mich frappiert.

Stark-Göttingen: Wenn ich Herrn Professor Lummer richtig verstanden habe, so sieht er die Schwierigkeit bei der theoretischen Deutung der in Rede stehenden experimentellen Resultate in folgendem. Nach Herrn Prof. Nernst ist die Gesamtstrahlung des Gasgemisches nahezu gleich derjenigen des schwarzen Körpers von gleicher absoluter Temperatur. Ist indes die Emission der Explosionsgase selektiv, so muss ihre Gesamtstrahlung kleiner sein, da in ihr ja die Energie der nicht emittierten Wellen fehlt. Nun glaube ich, darf man nicht ohne weiteres mit Sicherheit annehmen, dass unter den Versuchsbedingungen des Herrn Prof. Nernst die Emission selektiv war. Gegen die Heranziehung der Versuche an der Bunsenflamme möchte ich doch Bedenken äussern; in ihrer Wirkung auf die spektrale Energieverteilung darf man Vergrösserung der Schichtdicke und Änderung des Gasdruckes doch wohl nicht äquivalent setzen. Wir kennen eine Reihe von Fällen, in denen bei höherer Temperatur Gase durch Vergrösserung des Druckes zur Emission eines kontinuierlichen Spektrums gebracht werden können, und so meine ich, es ist die Möglichkeit vorhanden, dass auch unter den speziellen Versuchsbedingungen von Herrn Langen die Explosionsgase nicht selektiv, sondern kontinuierlich emittierten, und dann könnten wir für sie in der That die Gesamtstrahlung des schwarzen Körpers erwarten.

Das Entscheidende ist also nach meiner Ansicht die Frage, ob bei den fraglichen Versuchen bereits ein kontinuierliches Spektrum vorhanden war.

Nernst: Es muss so sein.

Lummer: Es muss so sein, das wäre das hieraus zu ziehende Resultat.

Schaefer-Breslau: Ich bin bei Untersuchung der Absorption des CO_2 bis 4 Atmosphären gegangen, aber von einem kontinuierlichen Spektrum ist gar keine Rede. Vielmehr haben die Streifen bei $2{,}7\ \mu$ und $4{,}4\ \mu$ eine bestimmte Breite, die mit Vergrösserung des Partialdruckes zunimmt. Vergrösserung der Schichtdicke und Vergrösserung des Partialdruckes sind keineswegs äquivalent. Ich bin zu demselben Resultat gekommen wie Prof. Lummer, dass die Absorptionsstreifen der Kohlensäure nicht homogene Banden sind, sondern es sind ziemlich beträchtliche Lücken darin.

Nernst: Massgebend ist doch nur das Gebiet, wo das Maximum der Wärmestrahlung sitzt. Bei mir war die höchste Temperatur 1700^0.

Lummer: Das Maximum der Strahlung des schwarzen Körpers liegt bei 1,5 μ. Der einzige Schluss, den man ziehen kann, ist, es muss bei dieser Temperatur und diesem Druck schon ein Kontinuum ausgesendet werden. Dagegen sprechen aber die Versuche des Herrn Dr. Schaefer.

Schaefer: Wenn man nicht kolossale Strecken nimmt, findet man von Absorption ausserhalb der Streifen gar nichts, dagegen tritt durch geringe Änderung des Partialdrucks starke Absorption ein. Planck hat abgeleitet, dass die Verbreiterung der Streifen unsymmetrisch eintritt.

Aschkinass-Berlin: Die Versuche berühren offenbar die Frage, kann ein Gas zum Leuchten kommen durch blosse Temperaturerhöhung, eine Frage, die nach Versuchen von Pringsheim doch zu verneinen ist.

Pringsheim: Wenn man die Versuche dadurch erklären will, dass es sich um Lumineszenz handelt, so ist die Schwierigkeit aus dem Wege geschafft. Aber besonders durch die Versuche von Paschen ist es doch sehr wahrscheinlich gemacht, dass es sich bei Kohlensäure und Wasserdampf um Temperaturstrahlung handelt. Das Gegenteil habe ich auch nie behauptet, sondern meine Äusserung bezog sich auf die Linienspektren der Elemente, was in der Diskussion mit Paschen vollständig klargestellt worden ist. Aber ich glaube, die Diskussion ist noch nicht auf der Höhe, die mit dem vorhandenen Thatsachenmaterial erreicht werden kann. Wenn wir annehmen, dass die hier in Betracht kommenden Gase genau das gleiche Absorptionsvermögen besitzen wie unter gleichen Umständen bei gewöhnlicher Temperatur, so haben wir alle Daten, um die Grösse der Strahlung für die hier erreichten Temperaturen zu berechnen. Ich kann nicht aus dem Handgelenk sagen, um wieviel die so berechnete Strahlung hinter der von Nernst aus den Beobachtungen gefundenen zurückbleibt. Diese Kenntnis wäre aber nötig, um auf die Grösse der Veränderung in den Strahlungseigenschaften zu schliessen, welche zur Erklärung des Nernstschen Resultates angenommen werden müsste.

Aschkinass: Ich bin wohl nicht ganz verstanden worden. Ich wollte wissen, ob Ihre Gasgemische, die nach der Art des schwarzen Körpers strahlen sollen, ob diese Gase thatsächlich durch einfache Temperaturerhöhung auch leuchten, vom Auge wahrnehmbare Energiemengen aussenden. Das müsste der Fall sein, wenn es sich um absolut schwarze Körper handelte, da die Temperaturen hierzu ausreichen. Dann aber wäre hier zum ersten Male gezeigt, dass ein Gas durch blosse Temperaturerhöhung zum „Leuchten" kommen kann.

E. Grimsehl (Hamburg), Demonstration eines Pendels mit direkt messbarer Pendellänge.[1])

Die auf mathematischem Wege gewöhnlich unter Benutzung des Cosinussatzes abgeleitete Beziehung

$$T_a = T_s + Ma^2,$$

wobei T_s das Trägheitsmoment eines um eine Schwerpunktsachse drehbaren Körpers mit der Masse M und T_a das Trägheitsmoment desselben Körpers für eine um den Abstand a entfernte, zur Schwerpunktsachse parallele Achse ist, erregte in mir den Wunsch, dieser mathematischen Formel durch einen einfachen Versuch einen physikalischen Inhalt zu geben, der diese Beziehung dem Verständnis der Schüler näher bringt.

Zu dem Zwecke hängte ich an ein leichtes, um eine vertikale Achse drehbares Gestell (Fig. 1),

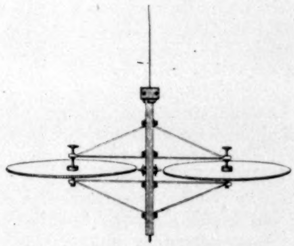


Fig. 1.

das in einem Abstande von 12 cm von der Achse an zwei einander gegenüberliegenden Seiten eine möglichst reibungslose Spitzenlagerung trägt, in diesen Spitzenlagerungen zwei kreisförmige Metallscheiben von je 1 kg Masse und 10 cm Radius leicht drehbar auf. Die beiden Scheiben können durch kleine am Gestell befestigte Schrauben mit dem Gestell starr verbunden werden. Dreht man jede einzelne der beiden Scheiben für sich, so kommt für die Drehung jeder der beiden Scheiben nur das Trägheitsmoment T_s in Frage. Wenn man andererseits das Gestell dreht, während die Scheiben frei um die Spitzenlagerung beweglich sind, so tritt für die Drehung des Gestells nur das Trägheitsmoment Ma^2 in die Rechnung ein. Hierbei nehmen die Scheiben an der Drehung keinerlei Anteil. Sie bewegen sich vollkommen translatorisch. Wenn man nun die Scheiben mit dem Gestell durch die Schrauben starr verbindet, so wirkt bei der Drehung das Trägheitsmoment T_a, welches sich aus den vorher bestimmten einzelnen Summanden als Summe ergiebt. Die Befestigungsschrauben repräsentieren hierbei physikalisch das in der mathematischen Formel auftretende + Zeichen.

1) Vorgetragen in Abteilung 2 am 19. Sept.

Da die beiden Summanden infolge der Wahl der Ausmessungen leicht berechnet werden können, so lässt sich auch T_a berechnen.

Hängt man diesen Apparat an dem unteren Ende eines am oberen Ende festgespannten Stahldrahtes auf, so lässt sich experimentell sowohl Ma^2 wie auch T_a aus der Schwingungszeit der elastischen Torsionsschwingungen berechnen.

Von besonderem Interesse erschien mir die für den ersten Augenblick verblüffende, aber bei näherer Überlegung selbstverständliche Erscheinung, dass die beiden frei beweglichen Scheiben bei der Drehung des ganzen Apparates an dieser Drehung nicht teilnehmen, sondern dass alle Punkte der Scheiben sich auf einander parallelen Bahnen bewegen. Diese Thatsache führte mich zur Konstruktion des Ihnen jetzt vorzuführenden Pendels (Fig. 2).

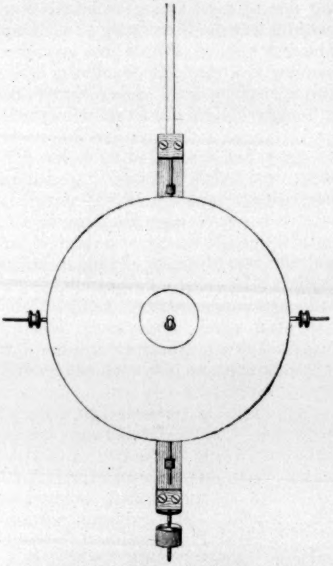


Fig. 2.

Dasselbe besteht aus einer Stange mit zwei gegeneinander gerichteten Schneiden, die einen gewissen messbaren Abstand von ungefähr 1 m voneinander haben. Die Stange ist mit der einen Schneide in einem Pendelstativ aufgehängt. Die untere Schneide dient als Achse für eine um ihren Massenmittelpunkt drehbare schwere metallene Scheibe, deren Achsenlagerung durch Balanciergewichte möglichst gut reguliert werden kann.

Wenn man das so konstruierte Pendel in Schwingungen versetzt, so bewegt sich die Metallscheibe nur translatorisch, d. h. jeder einzelne Punkt der Scheibe bewegt sich so, als ob er ein mathematisches Pendel wäre, dessen Länge gleich dem Abstand der beiden Schneiden ist. Infolge der translatorischen Bewegung kommt das Trägheitsmoment der Scheibe in Bezug auf ihre Achse nicht zur Geltung.

Wenn das Gehänge, d. h. die Stange mit den beiden Schneiden masselos wäre, so würde dasselbe keinen Einfluss auf die Schwingungszeit des Pendels ausüben. Es ist auch dann ohne Einfluss auf die Schwingungszeit des Pendels, wenn die Schwingungszeit des Gehänges allein mit der Schwingungszeit des mit der Scheibe versehenen Pendels übereinstimmt. Man reguliert daher durch Verschiebung einer am unteren Ende der Stange angebrachten Kugel die Schwingungszeit des Gehänges so lange, bis sie mit der Schwingungszeit des ganzen Pendels übereinstimmt. Dann ist der Abstand der beiden Schneiden die Pendellänge, aus deren Kenntnis man unter gleichzeitiger Benutzung der Kenntnis der Schwingungszeit die Erdbeschleunigung, wie meine Versuche ergeben haben, sicher bis auf drei Stellen innerhalb kurzer Zeit leicht und besonders für das Verständnis der Schüler bequemer bestimmen kann, als mittels des demselben Zweck dienenden Katerschen Reversionspendels.

Das Pendel trägt fernerhin eine einfache Schraubenvorrichtung am oberen Ende der Pendelstange zur Veränderung des Abstandes der beiden Schneiden, also der Pendellänge.

A. Voller (Hamburg), Versuche über die zeitliche Abnahme der Radioaktivität und über die Lebensdauer geringer Radiummengen im Zustande sehr feiner Verteilung.[1]

1. Die im folgenden mitgeteilten Beobachtungen habe ich zu dem Zwecke unternommen, eine wichtige Frage aus dem Gebiete der Radioaktivität unter Bedingungen, die — soweit ich die Litteratur habe einsehen können — bisher keiner Untersuchung zu Grunde gelegt worden sind, näher zu prüfen. Diese Frage betrifft die Dauer und die zeitliche Abnahme der Energieabgabe resp. der Strahlung radioaktiver Stoffe, wenn diese Stoffe in sehr geringen Mengen und in sehr feiner Verteilung angewendet werden.

2. Es ist bekannt, dass für die sogenannte Lebensdauer der radioaktiven Stoffe, d. h. für denjenigen Zeitraum, den eine beliebige Menge derselben gebraucht, um eine vollständige Selbstzersetzung durchzumachen und während dessen

1) Nach dem Vortrage in Abteilung 2 am 21. Sept.

ihre Energieabgabe fortdauert, sehr viele Jahre angenommen werden, für das Radium etwa 1500 Jahre, für das Uran 1000 Millionen Jahre u. s. w. Dabei wird ferner angenommen, dass diese Gesamtlebensdauer aus der an und für sich sehr verschiedenen Lebensdauer der einzelnen Atome des betreffenden radioaktiven Körpers resultiere und dass diese letztere von physikalischen Bedingungen, z. B. Temperatur, räumlicher Verteilung, Konzentration der Zerfallsprodukte (Emanationen und dergl.) in der Umgebung der zerfallenden Atome u. s. f. unabhängig sei. Diese letztere Annahme ist meines Wissens nur von J. J. Thomson angezweifelt worden, der in einem Aufsatze in der Nature[1]) auf die Wahrscheinlichkeit hinwies, dass eine gegebene Menge Radium sich in radioaktiver Hinsicht verschieden verhalten werde, je nachdem dieselbe innerhalb nichtradioaktiver Substanzen verteilt sei oder nicht; im ersteren Falle werde ihre Strahlungsintensität schwächer, ihre Lebensdauer also länger sein. Rutherford[2]) hat darauf allerdings einen Versuch mitgeteilt, demzufolge er keinen Unterschied in der Strahlung eines mg Radium hat wahrnehmen können, wenn dasselbe für sich allein in festem Zustande oder in der tausendfachen Menge Wasser gelöst geprüft wurde. Dieser Versuch genügt aber doch wohl nicht, die Frage vollständig zu entscheiden. Wie dem aber auch sein möge, jedenfalls ist die übliche Annahme, dass die Lebensdauer einer beliebigen Menge einer radioaktiven Substanz unter allen Umständen dieselbe sei, wie gross oder wie klein auch die betreffende Menge sein und wie sie auch räumlich verteilt sein möge, bisher, soweit mir bekannt ist, keiner experimentellen Prüfung unterworfen worden, deren sie doch ohne Zweifel dringend bedarf. Meine Versuche, welche ausschliesslich mit Radium angestellt wurden, sollen hierzu einen Beitrag liefern.

3. Die vergleichende Messung der Strahlungsintensität sehr geringer Mengen Radium während eines längeren Zeitraumes erfordert viel Geduld und Vorsicht. Mein Verfahren bestand — nachdem eine grosse Anzahl von Vorversuchen zur Ermittelung geeigneter Versuchsanordnungen ausgeführt worden waren — in folgendem:

Ein kleiner Krystall Radiumbromid — aus einer Sendung der Chininfabrik Buchler & Co. in Braunschweig — von 1,7 mg Gewicht entsprechend etwa einem mg Radium wurde in 25 ccm destilliertem Wasser gelöst. Von dieser Lösung, welche 10^{-3} mg Radium in 25 mg Wasser enthielt, wurden sodann eine Reihe schwächer konzentrierter Lösungen hergestellt, indem je 1 ccm einer Lösung durch Wasserzusatz auf 10 ccm vermehrt wurde, so dass Konzentrationen von $^1/_{10}$, $^1/_{100}$ etc. der Ausgangslösung hergestellt wurden. Von diesen wurde sodann mit Hilfe eines feinen Pinsels je eine durch Differenzwägung gemessene Menge von etwa 25 mg auf einer Fläche von 1,2 qcm einer Glasplatte ausgebreitet und vorsichtig trocken eingedampft. Es war die Absicht, stets genau 25 mg Lösung aufzubringen, doch konnte dies nur angenähert erreicht werden, da die Dicke der aufgebrachten Schicht einer Lösung nicht stets genau die nämliche war; die Abweichungen waren jedoch nicht so gross, dass sie die Resultate wesentlich beeinflusst hätten. Die Glasplatten waren an der Stelle, wo die Flüssigkeit aufgetragen wurde, leicht geschmirgelt worden, um eine etwas rauhe Fläche zu erzielen; auf der glatten Glasfläche war wegen der Neigung zur Tropfenbildung eine gleichmässige Ausbreitung der 25 mg Lösung nicht zu erreichen. Andererseits war die Benutzung von Glasplatten ihrer Durchsichtigkeit wegen aus später zu besprechenden Gründen (Beobachtung der Szintillation) wünschenswert. Die leichte Schmirgelung beeinträchtigte die Durchsichtigkeit nicht zu sehr.

Auf diese Weise wurden zunächst 7 Platten hergestellt, auf welchen äusserst geringe, nicht sichtbare, aber bekannte Gewichtsmengen, nämlich 10^{-9} bis 10^{-3} mg Radium auf gleich grossen Flächen (je 1,2 qcm) adhärierten. Eine zweite Reihe von Radiumpräparaten wurde aus den nämlichen Lösungen hergestellt, jedoch so, dass die radiumbedeckte Fläche auf das Zehnfache (12 qcm) vergrössert wurde. So konnten Platten verglichen werden, welche gleiche Radiummengen in verschiedener Flächenausdehnung enthielten.

Es war natürlich erforderlich, die Platten sorgfältig vor jeder Berührung resp. vor dem Abreiben des Radiums zu hüten; sie wurden zu dem Zwecke auf der Schichtseite am Rande mit 2 mm hohen Schutzhölzchen versehen, welche selbst dann, wenn etwa versehentlich diese Plattenseite auf eine Unterlage gelegt wurde, eine Berührung der Flächen verhinderten. Übrigens adhäriert das Radiumbromid an der Glasfläche ausserordentlich fest; eine völlige Beseitigung der radioaktiven Schicht war durch längeres Waschen und Abreiben in Wasser nicht erreichbar.

4. Für die Untersuchung der Radioaktivität der Platten konnte der Hauptsache nach nur eine elektrometrische Methode benutzt werden, da nur diese die Möglichkeit genauerer Messungen in nicht zu langer Zeit mit genügender Empfindlichkeit verbindet. Zwar erwies sich sowohl die Szintillationsfähigkeit der Platten am Zinksulfidschirm wie auch die photographische

1) Nature **67** v. 30. April 1903.
2) Nature **69** v. 7. Januar 1904.

Wirkung derselben bei langer Expositionsdauer als ein Mittel zum Erkennen sehr schwacher radioaktiver Wirkungen, für deren Nachweis die Empfindlichkeit der elektrometrischen Methode nicht mehr genügte; aber diese empfindlicheren Methoden gestatten keine vergleichbaren Messungen, sondern nur angenäherte Schätzungen von Strahlungsintensitäten. Weiter unten wird mitgeteilt werden, wie sie als Kontrollmethoden doch wichtige Dienste leisteten. Als Elektrometer wurde eines der bekannten Elster und Geitelschen Instrumente mit Lupenablesung benutzt. Es zeigte sich jedoch, dass die geringe Zerstreuungsgeschwindigkeit dieser Elektrometer ohne Hinzufügung eines Zerstreuungskörpers für jede Messung eine lange Beobachtungsdauer erforderlich machte, da andernfalls die zu messenden Differenzen der Divergenz der Blättchen bei schwächeren Strahlungen so klein wurden, dass die Messungen unsicher wurden; anderseits bewirkte der den Instrumenten für gewisse luftelektrische Beobachtungen beigegebene cylindrische Zerstreuungskörper bei stärker wirkenden Platten eine zu schnelle Abnahme der Divergenz. Es fand sich glücklicherweise, dass in einem der von Ebert[1]) angegebenen Ionen-Aspirationsapparate der mit dem Elster und Geitelschen Elektrometer verbundene Cylinderkondensator, falls der Aspirator des Apparates ausser Thätigkeit blieb, einen Zerstreuungskörper von passender Wirkung bildete; demgemäss wurde für alle Messungen das Elektrometer dieses Aspirationsapparates mit dem Cylinderkondensator benutzt, jedoch ohne den Aspirator in Thätigkeit zu setzen. Die zu untersuchenden Radiumplatten wurden in stets dem nämlichen Abstande, 10 cm vom Ende des inneren horizontal befestigten cylindrischen Stabes des Kondensators entfernt, so aufgestellt, dass die strahlende Schicht senkrecht stand und die verlängert gedachte Mittellinie des inneren Stabes die Mitte der aufgebrachten Schicht rechtwinkelig traf (Fig. 1). Der äussere Cylinder des Kondensators und

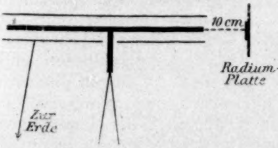


Fig. 1.

das Elektrometergehäuse waren zur Erde abgeleitet, während die Blättchen des Elektrometers durch eine Trockensäule auf etwa 150 bis 180 Volt geladen wurden. Beobachtet wurde die Abnahme dieser Ladung während einer bestimmten Zeit, einerseits in normaler, unbeeinflusster Luft, anderseits unter der Einwirkung der durch die Radiumstrahlung gesteigerten Ionisierung der den Kondensatorstab umgebenden Luft.

Die Beobachtungsdauer für die durch eine Radiumplatte resp. durch die normale Atmosphäre bewirkte Abnahme der Kondensatorladung, vermittels der Eichungstabelle des Elektrometers in Volt ausgedrückt, betrug anfänglich 15 Minuten; da jedoch das Messbereich des Elektrometers bei stärkeren Strahlungen dann nicht ganz ausreichte, so wurde die Beobachtungszeit auf je 10 Minuten reduziert, alle diese Messungen aber auf 15 Minuten umgerechnet, um vergleichbar zu bleiben.

5. Die Art der Messungen am Elektrometer war durch den Umstand bedingt, dass die zu ermittelnden radioaktiven Intensitäten resp. die durch sie hervorgerufenen Steigerungen der Zerstreuungsgeschwindigkeiten elektrischer Ladungen wegen der eigenen Leitfähigkeit der unbeeinflussten Atmosphäre nur als Differenzwerte gefunden werden können, d. h. um die durch eine der Platten bewirkte Zunahme der Zerstreuungsgeschwindigkeit zu finden, musste von dem beobachteten Werte der Betrag des normalen Zerstreuungswertes in Luft abgezogen werden. Zahlreiche Versuche hatten, was ja auch sonst bekannt ist, gezeigt, dass die gewöhnliche Zerstreuungsgeschwindigkeit eines geladenen Elektrometers in kurzer Zeit häufigen und ziemlich beträchtlichen Veränderungen unterliegt. Es war daher nicht zulässig, von den beobachteten Zerstreuungsgeschwindigkeiten der Radiumschichten einen konstanten Betrag für die gewöhnliche Zerstreuungsgeschwindigkeit der unbeeinflussten Zimmerluft in Abzug zu bringen, vielmehr musste dieser letztere Betrag für jede Versuchsreihe besonders bestimmt werden. Eine einzelne Messung dieses Wertes für jede Versuchsreihe genügte nicht; es erwies sich vielmehr als notwendig, jede Versuchsreihe aus einer Anzahl abwechselnd aufeinander folgenden Messungen des zur Zeit bestehenden eigenen Zerstreuungsvermögens der Luft einerseits und der durch die Radiumstrahlung gesteigerten Zerstreuungswerte anderseits zu bilden. In der Regel wurden je 4 Messungen der Zerstreuung in unbeeinflusster Luft, abwechselnd mit je 3 dazwischen liegenden Messungen der durch die Radiumplatten gesteigerten Zerstreuung ausgeführt; bei schwachen Strahlungen wurden diese 7 Messungen zu je 10 Minuten auf 9 oder 11 vermehrt. Das Mittel aus den letzteren Beobachtungen vermindert um das Mittel der ersteren war der gesuchte Wert der durch das Radium bewirkten Zerstreuungsgeschwindigkeit der Ladung. Die

1) Diese Zeitschrift **2**, 662, 1901.

Beobachtungen wurden auf diese Weise sehr zeitraubend; das hatte leider zur Folge, dass es unmöglich war, alle zu prüfenden Platten (deren Gesamtzahl etwa 12 betrug) täglich zu messen; im Mittel konnten täglich nur 2 Platten geprüft werden. Daher sind die bisherigen Beobachtungen noch recht lückenhaft; sie genügen jedoch, den allgemeinen Charakter des radioaktiven Verhaltens der Platten, d. h. die allmähliche Abnahme und das schliessliche Verschwinden der Radioaktivität der dünnen Radiumschichten unzweifelhaft hervortreten zu lassen.

6. Ehe ich hierauf näher eingehe, will ich einige Bemerkungen über eine für die Genauigkeit der Methode sehr gefährliche Fehlerquelle, deren Vermeidung anfänglich Schwierigkeiten machte, vorabschicken. Diese Fehlerquelle lag zunächst in dem auch sonst häufig beobachteten Eintreten einer gegenseitigen Beeinflussung der radioaktiven Körper, hier also der Platten, die man bekanntlich der Wirkung der Emanationen zuschreibt. Diese Beeinflussung konnte dadurch beseitigt werden, dass jedes einzelne Radiumpräparat für sich allein in einem geschlossenen Behälter — für die stärkeren Präparate Bleikapseln, für die schwächeren Pappschachteln, die sich hierfür als ausreichend erwiesen — aufbewahrt wurde; sämtliche Behälter wurden ausserdem, um die allmähliche Infektion der Messapparate zu verhindern, in einem grossen, vollständig mit Blei ausgeschlagenen Kasten aufbewahrt.[1])

Die getrennte Aufbewahrung der einzelnen Radiumpräparate in geschlossenen Behältern hatte dann aber, wie sich bald zeigte, nach längerer Aufbewahrung eine merkwürdige Selbstinfektion der Platten zur Folge. Wird eine solche Platte, nachdem sie einige Zeit hindurch eingeschlossen war, sofort nach Entnahme aus ihrem Behälter auf ihre Ionisierungsfähigkeit hin geprüft, so zeigt sich diese ungewöhnlich gross, oft weit grösser als ihrer normalen Radioaktivität entspricht; die Intensität dieser anormalen Strahlung nimmt aber — ähnlich wie die Strahlung der durch Emanation aktivierten fremden Körper — rasch ab. Ich habe den Verlauf dieser Steigerung der Ionisierungsfähigkeit einer sehr dünnen eingeschlossenen Radiumschicht noch nicht eingehender untersuchen können; jedoch scheint einerseits die Steigerung um so grösser zu werden, je länger das Präparat in einem geschlossenen Behälter aufbewahrt worden war, so dass man von einer mit der Zeit zunehmenden Anreicherung der eingeschlossenen Radiumschicht an radioaktiver Fähigkeit sprechen kann — anderseits scheint auch die für das völlige Verschwinden der anormalen Aktivität erforderliche Zeit um so grösser zu sein, je länger die Selbstinfektion gedauert hat. Es scheint daher, als ob das Abklingen dieser von einem eingeschlossenen strahlenden Körper in sich selbst hervorgerufenen gesteigerten Aktivität nach einem ähnlichen Gesetze erfolgt, wie das Abklingen der auf fremden Körpern induzierten Aktivität. — Die für das Verschwinden der anormalen Ionisierungsfähigkeit erforderliche Zeit betrug unter den gewöhnlichen Verhältnissen der hier besprochenen Messungen, d. h. wenn die Aufbewahrung der Präparate nur 1 oder einige Tage gedauert hatte, in der Regel nur einige Stunden, so dass es als normales Verfahren für die Vermeidung dieser Fehlerquelle genügte, jede Platte vor ihrer Untersuchung einige Stunden lang oder von einem Tage bis zum andern offen in einem gut ventilierten Raume aufzustellen. Zu welchen enormen Beträgen aber die Selbstinfektion der Platten bei längerem Eingeschlossensein anwachsen kann, dafür will ich noch folgendes Beispiel anführen, — das extremste von mir beobachtete. Eine zur zweiten Gruppe der Präparate (12 qcm radiumbedeckte Fläche) gehörige Platte mit 0,00011 mg Radium war am 4. Juni 1904 angefertigt und bis zum 13. September, also während einer Zeit von 100 Tagen, beobachtet worden (vergl. Fig. 5). Während dieser Zeit war ihre Radioaktivität an 17 Tagen gemessen worden. Das Maximum derselben war am 23. Juni, also am 19. Tage, mit 10,8 Volt Entladungsgeschwindigkeit in 15 Minuten (nach Abzug der gleichzeitig bestehenden normalen Entladungsgeschwindigkeit der unbeeinflussten Atmosphäre, welche 13,1 Volt betrug) beobachtet worden. Von da ab bis zum 100. Tage nahm die Aktivität, wenn auch mit einigen Schwankungen, so doch im ganzen stetig, ab, und betrug am letzten Beobachtungstage, 13. September, noch 2,6 Volt in 15 Minuten. Nunmehr mussten die Messungen wegen einer längeren Reise abgebrochen werden. Die Platte wurde eingeschlossen und am 18. Oktober, also nach 35 Tagen, ihrem Behälter wieder entnommen und gemessen. Bei regelmässigem Weitergange der Strahlungsabnahme, ohne Selbstinfektion, konnte noch eine Entladungsgeschwindigkeit von 1—2 Volt in 15 Minuten erwartet werden; die Messung aber ergab:

18./10. 1—2 Uhr (bald nach Entnahme aus dem Behälter)	103,0	Volt in 15 Min.
19./10. 11—12 Uhr morgens	19,8	„ „ 15 „
19./10. 7—8 Uhr abends .	1,0	„ „ 15 „

1) Auch das Ausgangsmaterial, 20 mg Radiumbromid, wird seit Jahresfrist im Laboratorium in einem massiv gegossenen Bleibehälter von 14,5 kg Gewicht, dessen Wandstärke überall 6 cm beträgt, aufbewahrt; das hat genügt, um das Laboratorium vor der sonst häufig beobachteten Infektion durch das Radium zu bewahren.

Die anfängliche anormale Wirkung der Platte auf die Entladungsgeschwindigkeit des Elektrometers nach 35 tägigem Eingeschlossensein war also fast 10 mal so gross wie die während der ganzen Dauer ihrer Existenz erreichte normale Maximalwirkung von 10,8 Volt; nach 30 Stunden war von dieser ausserordentlichen Steigerung nichts mehr übrig geblieben.

7. Über die bisherigen Resultate meiner Beobachtungen kann ich nunmehr folgendes mitteilen:

1. Die selbständige Radioaktivität aller meiner Platten ist durch die benutzte Methode noch nachweisbar und noch messbar. Im allgemeinen zeigte sich in den ersten Tagen nach Herstellung der Platten zunächst ein Anwachsen ihrer Ionisierungswirkung bis zu einem Maximum; leider war es aber wegen der langen Zeit, die jede Bestimmung als Mittelwert aus 7 bis 11 Einzelbestimmungen von je 10 bis 15 Minuten Dauer in Anspruch nahm, nicht möglich, alle Platten vom Tage ihrer Herstellung an zu messen. Aus diesem Grunde konnte die Lage und Höhe des Maximums, wie sie aus den jedesmal erst nach mehreren Tagen wiederholten Messungen geschlossen wurde, nur angenähert ermittelt werden; es kann um mehrere Tage früher oder später und auch in grösserer Höhe erreicht worden sein. Ich gebe die Zahlen für das Maximum der Entladungswirkung in 15 Minuten so wie sie gefunden wurden:

bei	10^{-9}	mg *Ra*	1,6	Volt
„	10^{-8}	„ „	2,6	„
„	10^{-7}	„ „	3,6	„
„	10^{-6}	„ „	6,0	„
„	10^{-5}	„ „	6,2	„
„	10^{-4}	„ „	11,6	„
„	10^{-3}	„ „	38,4	„

Es ist ersichtlich, dass die maximale Entladungswirkung durchaus nicht im Verhältnis der strahlenden Radiummenge zunimmt; während jede Platte 10 mal so viel Radium enthält wie die vorhergehende, wächst die maximale Entladungsintensität nur auf das 2—3 fache an.

2. Nach Erreichen des Maximalwertes der durch die Radiumplatten bewirkten Steigerung der Entladungsgeschwindigkeit des Elektrometers nahm diese Steigerung allmählich ab und erreichte bei allen Platten von 10^{-9} bis 10^{-4} mg Radium (ausgebreitet auf 1,2 qcm Fläche) nach einer mit der aufgebrachten Menge zunehmenden Zeitdauer ihr Ende, d. h. es wurde schliesslich ein Zeitpunkt erreicht, nach welchem kein durch die Platten bewirkter Unterschied in der Entladungsgeschwindigkeit des Elektrometers mehr wahrgenommen werden konnte. Dieser Zeitpunkt wurde erreicht:

bei	10^{-9}	mg *Ra* nach	15	Tagen
„	10^{-8}	„ „ „	16	„
„	10^{-7}	„ „ „	17	„
„	10^{-6}	„ „ „	26	„
„	10^{-5}	„ „ „	61	„
„	10^{-4}	„ „ „	126	„

Die nächstfolgende Platte mit 10^{-3} mg *Ra* ist im Augenblicke des Niederschreibens dieser Zeilen, d. h. nach etwa 140 Tagen, noch kräftig aktiv. Es sei noch bemerkt, dass in allen Fällen nach dem Eintritt des inaktiven Zustandes der Radiumplatten die Fortdauer der Inaktivität wiederholt kontrolliert wurde; in keinem Falle wurde ein späteres Wiederauftreten des radioaktiven Zustandes, soweit dieser am Elektrometer gemesssen werden konnte, beobachtet. — Es ist bemerkenswert, dass das Anwachsen der Lebensdauer der Radiumpräparate mit zunehmender Radiummenge anfänglich, bei den schwächsten Präparaten, sehr langsam erfolgt (wobei jedoch ebenfalls eine gewisse Unsicherheit über die genaue Anzahl der Tage, nach welcher das Erlöschen der Aktivität eintrat, besteht) — bei den stärkeren Präparaten wächst die Lebensdauer sehr rasch und wird so gross, dass die erwähnte Unsicherheit hinsichtlich des genauen Zeitraumes des Verschwindens der Aktivität nicht mehr wesentlich ins Gewicht fällt.

Als Resultat dieser Elektrometer-Beobachtungen hat sich somit ergeben, dass bei Vermehrung der Radiummenge einerseits eine Erhöhung der Strahlungsintensität, anderseits eine Verlängerung der sogen. Lebensdauer, d. h. der zeitlichen Dauer dieser anfänglich zunehmenden, dann bis zum Verschwinden abnehmenden Strahlung stattfindet.

Die Figuren 2 und 3 lassen diese Verhältnisse erkennen. Fig. 2 giebt die Kurven der Entladungsgeschwindigkeiten der unbeeinflussten Luft zur Zeit der Messungen und darüber die Kurven der durch die Radiumpräparate gesteigerten Geschwindigkeiten in Volt während 15 Minuten, so dass der schraffierte Zwischenraum die Entladungswirkung der Platten darstellt; die Figur lässt das allmähliche Zusammenfallen beider Kurven und den Zeitpunkt dieses Zusammenfallens erkennen. Fig. 3 lässt die Form der Abnahmekurven besser erkennen; die unbeeinflussten Luftentladungen sind hier weggelassen worden, so dass als Ordinaten nur die aus Fig. 2 zu entnehmenden Differenzen beider Kurven, d. h. die Entladungswirkungen der Radiumplatten für sich allein aufgetragen sind.

8. Es muss zunächst überraschen, dass die von mir beobachtete, nur nach Tagen zählende Lebensdauer, d. h. die Dauer der

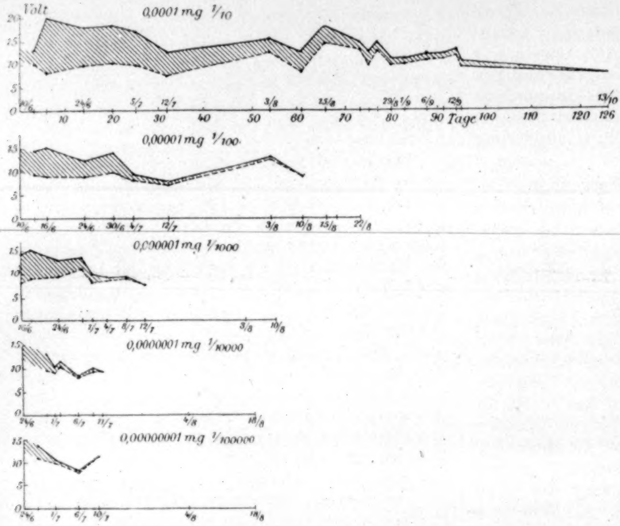


Fig. 2.

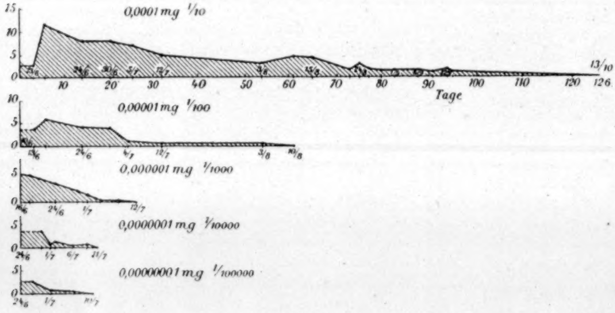


Fig. 3.

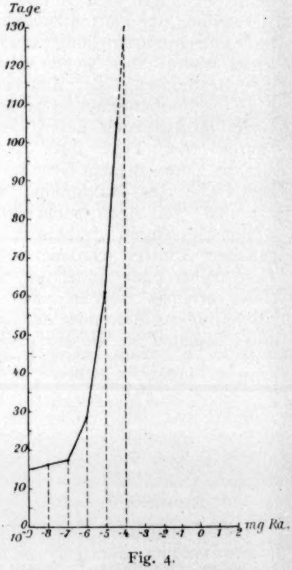


Fig. 4.

elektrometrisch gemessenen Radioaktivität sehr geringer Mengen von Radium so ausserordentlich kurz ist gegenüber den auf anderem Wege für sehr viel grössere Mengen berechneten sehr langen Lebensdauer von tausend oder einigen Tausend Jahren. Trotzdem scheint hier kein Widerspruch zu bestehen. In Fig. 4 sind als Abszissen die von mir benutzten, auf der gleichen Fläche von 1,2 qcm ausgebreiteten, jedesmal um das 10fache zunehmenden Mengen Radium (10^{-9} bis 10^{-4} mg), und darüber als Ordinaten die beobachteten zugehörigen Lebensdauern aufgetragen. Die daraus resultierende Kurve stellt also die elektrometrisch gemessene Lebensdauer als Funktion der auf gleicher Fläche ausgebreiteten Menge des Radiums dar; man erkennt, dass die Kurve mit zunehmender Menge immer steiler ansteigt. Von 10^{-6} mg an steigt die für diese Radiummenge beobachtete Lebensdauer von 26 Tagen für jede Stufe auf mehr als das Doppelte der vorhergehenden. Ist es nun — selbstverständlich nur als erster Annäherungsversuch — gestattet, die Kurve ihrem bisherigen Charakter entsprechend weiter zu extrapolieren, so wird sie — falls die Empfindlichkeit des Messinstruments dieselbe ist, wie in meinen Versuchen — eine Ordinate, welche etwa der 10. folgenden Stufe, entsprechend 10^3 mg Radium, zugehören würde, erst in einer Höhe schneiden, welche eine grosse Anzahl von Jahren darstellt. Nimmt man etwa als mittlere jedesmalige Zunahme den 3fachen Wert der vorhergehenden Ordinatenhöhe, so würde sich für 1 g Radium eine Lebensdauer von $26 \cdot 3^{10}$ = etwa 1500000 Tagen oder etwa 4000 Jahren ergeben, was also schon

mehr sein würde, als für gewöhnliche grössere Radiummengen angenommen wird.

Derartige überschlägliche Rechnungen können natürlich nur als rohe Annäherungen angesehen werden, die aber doch erkennen lassen, dass meine Beobachtungen nicht in wesentlichem Widerspruche zu den auf anderem Wege erhaltenen Schätzungen der Curies, Ramsay u. s. w. stehen. Wesentlich scheint mir aber der Nachweis zu sein, dass die sogen. Lebensdauer nicht für jede beliebige Menge Radium die nämliche ist, sondern dass sie als eine Funktion der vorhandenen Menge resp. der Dicke der Schicht, in der sie verteilt ist, angesehen werden muss.

9. Von Interesse ist weiter die Frage, ob eine gegebene Menge Radium eine gleiche oder eine verschiedene Stärke und Dauer der Aktivität besitzt, je nachdem sie auf einer kleineren Fläche in stärkerer Schicht oder auf einer grösseren Fläche in schwächerer Schicht verteilt ist. Zur Prüfung dieser Frage wurde die oben erwähnte zweite Reihe von Versuchsplatten mit 10^{-1} bis 10^{-2} mg *Ra* auf 12 qcm Fläche hergestellt. Die Versuche mit diesen Platten dauern noch fort; erst die schwächste Platte mit 10^{-1} mg Radium ist gegenwärtig dem Erlöschen nahe; Fig. 5 zeigt die Aktivitätskurven während der ersten 100 Tage der Beobachtung. Ein Vergleich mit Fig. 2 und 3 lässt erkennen, dass diese Kurve der obersten Kurve dieser Figuren, welche dieselbe Radiummenge auf 10mal kleinerer Fläche betrifft, ähnlich ist; die Ordinaten sind nur wenig höher. Es scheint demnach, als ob die Ausbreitung der 10^{-4} mg Radium auf 1,2 oder 12 qcm keinen grossen Unterschied in radioaktiver Beziehung bewirkt habe. Jedoch kann Genaueres hierüber erst nach Abschluss dieses Teiles der Untersuchung gesagt werden.

10. Zum Schlusse seien noch einige Beobachtungen mitgeteilt, welche einen Vergleich der entladenden Wirkung der durch die Radiumplatten ionisierten Luft mit der Fähigkeit der Platten, Szintillation und photographische Wirkung auszuüben, bezweckten. Die Szintillationswirkung war von Anfang an bei allen Platten, selbst den schwächsten, deutlich zu beobachten und liess bei gelegentlicher Wiederholung eine allmähliche Abnahme der Leuchtstärke des Zinkblendenschirms erkennen. Nachdem die einzelnen Platten am Elektrometer keine Radioaktivität mehr erkennen liessen, war doch zunächst immer noch bei völlig ausgeruhtem Auge und in völlig dunklem Zimmer eine äusserst schwache Szintillation der Zinkblende durch das Glas der Platten hindurch zu erkennen, die allerdings einen anderen Charakter angenommen hatte. Während bei den noch genügend aktiven Platten die Zinkblende in 2 mm Abstand unter der Radiumschicht schwach aber deutlich leuchtete und am Rande des Lichtscheines bei Beobachtung mit der Lupe zahlreiche Lichtpunkte in raschem Wechsel aufblitzten, waren bei den „toten" Platten nur noch hier und da einzelne dieser Blitze zu erkennen; die Fläche selbst war vollkommen dunkel und die vereinzelt auftretenden Lichtblitze wurden immer seltener. Es war somit die Zinkblende imstande, noch eine äusserst geringe Reststrahlung der Platten, für deren Nachweis das Elektrometer nicht mehr empfindlich genug war, erkennen zu lassen.

11. Ähnlich verhielt es sich mit der photographischen Wirkung, die bei erschöpften Platten allerdings eine ausserordentlich lange Expositionsdauer erforderte. Eine Platte, welche in 15 Minuten noch etwa 1 Volt Zerstreuungsintensität besass, gab bei 3 tägiger Expositionsdauer in 3 mm Abstand von der photographischen Platte noch ein gutes Bild einer zwischengelegten Lochplatte; nachdem das Elektrometer keine Aktivität mehr erkennen liess, war nach derselben Expositionsdauer das Bild der Lochplatte zwar noch entstanden, aber nur noch äusserst schwach. Eine sehr geringe Reststrahlung war also auch photographisch noch nachweisbar.

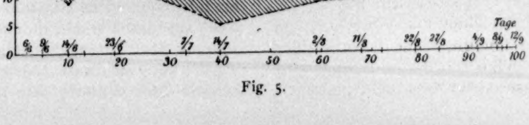


Fig. 5.

Von Interesse war ferner der Nachweis, dass diese Reststrahlung, wie es scheint, nur noch aus leicht absorbierbaren α-Strahlen besteht. Eine zwischengelegte dünne Aluminiumschicht verhinderte selbst nach 4tägiger Exposition die Entstehung eines Bildes vollkommen. Die nahe der Grenze der Aktivität angelangten Radiumplatten scheinen demnach nur noch α-Strahlen auszusenden — ähnlich wie Polonium und Radiotellur.

12. Ich habe die Absicht, die vorstehend besprochene Untersuchung weiterzuführen resp. sie, wenn möglich, mit verbesserten Hilfsmitteln an einer kleineren Zahl von Radiumpräparaten zu wiederholen; ich hoffe dann mancherlei Unsicherheiten, die bei der bisherigen Arbeit nicht zu vermeiden waren, beseitigen und einige während der Untersuchung aufgetauchte Fragen prüfen zu können.

Diskussion.

Stark-Göttingen: Es handelt sich hier um die Kardinalfrage der Radioaktivität, um die Frage, ob der Prozess abhängig ist von der Konzentration des Radiums, also von physikalisch-chemischen Bedingungen desselben oder nicht. Bis jetzt haben Becquerel, Rutherford und andere gefunden, dass er nicht davon abhängig ist. Es giebt ein Gesetz für die radioaktiven Prozesse, das dafür spricht, dass die Vorgänge nicht von der Konzentration abhängig sind. Es ist das Exponentialgesetz ($A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$) für das Abklingen der einfachen Aktivität beispielsweise von Emanation oder Induktion. Dieses ist das Gesetz der monomolekularen Reaktion. Aus ihm kann man rückwärts schliessen, dass die Konzentration keinen Einfluss auf den Verlauf der radioaktiven Prozesse haben kann.

Nun stehen diese schönen Versuche hier, gegen deren experimentelle Seite ich nichts sagen möchte. Aber ich möchte bei der sehr wichtigen Frage bitten, langsam vorzugehen. Ich stehe auf dem Standpunkt von Rutherford, dass die Konzentration keinen Einfluss auf die Vorgänge haben kann. Und ich möchte von diesem Standpunkt aus versuchen, eine andere Erklärung der Versuche des Herrn Vortragenden zu geben.

Hat man ein älteres Radium-Präparat, so hat man in der Regel ein Gemisch von Radium, Emanation und den verschiedenen Induktionen. Bei der Umwandlung von Radium in Emanation und von Emanation in Induktion bekommt man nur α-Strahlen, die β- und γ-Strahlen treten erst bei der Umwandlung der Induktionen auf. Nun war die Versuchsanordnung so getroffen, dass hauptsächlich nur β-Strahlen zur Wirkung kommen konnten; denn die α-Strahlen konnten in den cylindrischen Ionisierungsraum infolge ihrer grossen Absorption nicht gelangen, sondern wurden zum grössten Teil bereits ausserhalb in der Luft vor dem Zerstreuungsraum absorbiert. Nun scheint mir die Sache so zu liegen: Es wurde zunächst aus der Lösung auf die Platte Radium mit seinen sämtlichen Umwandlungsprodukten niedergeschlagen und zur Wirkung kam die schon vorhandene Induktion, die mit niedergeschlagen wurde. Diese wirkte zunächst und gab β-Strahlen, und solange die Induktion vorhanden war, schien das Radium zu leben. Diese Induktion verschwand allmählich, und darum schien das Radium zu sterben; aber in Wirklichkeit starb nur die Induktion. Bleiben aber mussten noch die α-Strahlen, welche bei der Umwandlung von Radium in Emanation auftreten. Und in der That vermochten ja die niedergeschlagenen Schichten auch nach dem scheinbaren Tode des Radiums noch ein Szintillieren der Sidotblende und eine photographische Wirkung hervorzubringen, wie es von α-Strahlen zu erwarten ist. Gegen diese Erklärung könnte man einwenden, dass auch auf den Platten beständig Emanation und Induktion entwickelt wurde, und dass daher auch beständig β-Strahlen hätten da sein müssen. Aber es konnte unter gewählten Versuchsbedingungen aus den Platten immer Emanation entweichen, und es wird um so weniger Emanation zurückbleiben, um so weniger Radium auf der Platte vorhanden ist. Infolgedessen kann sich bei geringer Schichtdicke kein Gleichgewichtszustand für β-Strahlen auf der Platte herstellen. Bei dicken Schichten mag Emanation zurückbleiben, es entwickelt sich dann auf der Platte Induktion und β-Strahlen können wieder auftreten. Desto länger lebt dann scheinbar das Radium. Die Kurven nehmen ja auch bei grösserer Dicke zuletzt, wie mir scheint, einen horizontalen Verlauf an; es stellte sich also ein Gleichgewichtszustand zwischen Radium, Emanation und Induktion her, und dank der letzteren kamen wieder β-Strahlen zur Emission. Es starb also, um es noch einmal kurz zu sagen, in den Versuchen die Induktion, nicht das Radium.

Das, glaube ich, ist eine mögliche Erklärung der beobachteten Thatsachen. Vielleicht ist aber auch die Erklärung des Vortragenden oder eine andere richtig.

Voller: Die Auffassung des Herrn Vorredners, dass die Strahlung der Präparate eine absorbierende Platte hätte durchdringen müssen, so dass nur β-Strahlen hätten beobachtet werden können, beruht auf einem Irrtum. Die Strahlung traf frei auf den inneren Cylinder des Ebertschen Kondensators; nur Luft war zu durchdringen. Die Existenz der α-Strahlen in der Nähe des Verschwindens der Entladungsfähigkeit der Platten, die sich durch Szintillation und Wirkung auf die photographische Platte zeigt, war wie diese Wirkung sehr gering, während sie

in den früheren Zuständen sehr kräftig war. Die zuerst gestorbene oder unwirksam gewordene Platte zeigte überhaupt keine Radioaktivität mehr, weder durch Szintillieren, noch durch Wirkung auf die photographische Platte. Die Induktion dürfte bei den stärkeren Präparaten, die jetzt noch leben, keine Rolle gespielt haben, denn bei ihnen ist von einer Abnahme der Wirkung überhaupt noch keine Rede.

Nernst-Göttingen: Ich glaube, man wird allgemein, wenn man mit so geringen Substanzmengen operiert, immer nach einiger Zeit finden, dass die Wirkung verschwindet. Hat man z. B. eine Goldschicht auf eine Silberschicht aufgetragen, so wirkt sie lange Zeit hindurch, aber nach einiger Zeit verschwindet die Farbe des Goldes. Man nimmt in diesem Falle an, dass das Gold in das Silber hinein wandert. Trägt man z. B. eine Chlor-Natriumlösung auf eine Glasplatte sehr dünn auf, so bin ich überzeugt, anfangs wird man die Spektralwirkung finden, aber nachher wird sie verschwinden. Jede Reaktion einer dünnen Schicht verschwindet in messbarer Zeit. In dem zuerst erwähnten Falle wird man Bedenken tragen, zu sagen, das Gold ist gestorben. Es kann ja hier so sein, aber ich würde Bedenken tragen, es so auszudrücken, es kann auch etwas ganz anderes sein.

Voller: Für meine Auffassung spricht die Regelmässigkeit der Abnahme der Wirkung, dann aber auch der wichtige Umstand, dass bei einer etwaigen Absorption des Radiums durch das Glas keine α-, sondern nur β- und γ-Strahlen hätten austreten können, während das Gegenteil beobachtet wurde. Ich bin den Herren jedoch dankbar für die Winke, die natürlich sehr beachtenswert sind.

Schaefer-Breslau: Auf der ersten Tafel fing das Präparat sehr schwach an und wurde dann sehr kräftig. Also zuerst musste man sagen, es war schon fast tot und dann wurde es wieder lebendig. Anfangs schien es, dass es nur etwa noch 14 Tage zu leben hatte und nach 6 Wochen war es wieder ebenso wie früher geworden. Man muss also bei dieser Schätzung sehr vorsichtig sein.

Voller: Das ist ein Missverständnis; derartiges ist nicht beobachtet worden. Ich möchte darauf aufmerksam machen, dass bekannt ist, dass bei Radiumpräparaten immer erst eine gewisse Zeit vergehen muss, ehe das Maximum der Wirkung erreicht wird.

Schaefer: Der angebliche Unterschied zwischen Polonium und Radiotellur lässt sich durch solche Versuche vielleicht erklären. Marckwald behauptet Konstanz der Wirkung der Radiotellur, während das Polonium nach Angabe der Curies abnehmen; nun haben wir im Institut einen Stab aus Radiotellur von Marckwald, dessen Wirksamkeit kolossal heruntergegangen ist. Dass Marckwalds eigene Radiotellurpräparate sehr konstant sind, d. h. eine lange Lebensdauer besitzen, erklärt sich vielleicht daraus, dass auf ihnen das Radiotellur eine grosse Konzentration besitzt. Auf den in den Handel gebrachten, käuflichen Stäben wird das Radiotellur nur in feiner Verteilung vorhanden sein, und daher wird ihre Wirksamkeit heruntergehen. Auf Marckwalds eigenen Stäben, die sehr wertvoll sind, ist das wohl nicht der Fall. Darauf wird der Unterschied wohl beruhen. Mir scheint der Unterschied zwischen Polonium und Radiotellur, den Marckwald behauptet, nicht vorhanden zu sein, jedenfalls scheint mir die Konstanz oder Inkonstanz der Wirkung kein Grund für eine Unterscheidung zwischen Radiotellur und Polonium.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die N-Strahlen.

Von R. W. Wood.

Die vergeblichen Anstrengungen einer grossen Anzahl von Experimentalphysikern, irgendwelchen Beweis für die Existenz der N-Strahlen zu erhalten, und die fortgesetzte Veröffentlichung von Arbeiten, die neue und immer merkwürdigere Eigenschaften dieser Strahlen verkündeten, bestimmten mich, eines der Laboratorien zu besuchen, in welchen die anscheinend besonderen Bedingungen vorhanden zu sein scheinen, welche für die Manifestation dieser höchst illusorischen Strahlungsart notwendig sind.

Ich muss gestehen, dass ich in einigermassen skeptischer Gemütsverfassung hinging, aber mit der Hoffnung, von der Realität der Phänomene überzeugt zu werden, deren Veröffentlichungen man mit so grossem Skeptizismus gelesen hat.

Nachdem ich drei Stunden oder mehr als Zeuge verschiedener Experimente zugebracht habe, bin ich nicht nur nicht in der Lage, über eine einzige Beobachtung zu berichten, welche die Existenz der Strahlen anzuzeigen schiene, sondern ich ging vielmehr fort mit der festen Überzeugung, dass die wenigen Experimentatoren, welche positive Resultate erhalten haben, in irgendeiner Weise getäuscht worden sind.

Ein etwas ausführlicher Bericht über die Versuche, welche man mir gezeigt hat, zu-

sammen mit meinen eigenen Beobachtungen, dürfte von Interesse sein für die vielen Physiker, welche Tage und Wochen mit vergeblichen Anstrengungen zugebracht haben, die merkwürdigen Versuche zu wiederholen, welche während des jüngst verflossenen Jahres in den wissenschaftlichen Zeitschriften beschrieben worden sind.

Das erste Experiment, dessen Zeuge zu sein ich den Vorzug hatte, war das behauptete Aufleuchten eines kleinen elektrischen Funkens, wenn die *N*-Strahlen mittels einer Aluminiumlinse auf denselben konzentriert werden. Der Funken war hinter einem kleinen Milchglasschirm angebracht, um das Licht diffus zu machen, dessen Leuchtkraft sich ändern sollte, wenn man die Hand zwischen den Funken und die *N*-Strahlen-Quelle einschaltete. Es wurde behauptet, dass dies äusserst deutlich wahrzunehmen sei, doch war ich ausserstande, die geringste Veränderung zu entdecken.

Dies wurde als auf einem Mangel an Empfindlichkeit meiner Augen beruhend erklärt, und um die Sache zu prüfen, schlug ich vor, dass man versuchen möchte, durch Beobachtung des beleuchteten Schirmes die Zeitpunkte genau anzugeben, wann ich meine Hand in den Gang der Strahlen einschaltete.

In keinem Falle wurde eine korrekte Antwort gegeben; der Schirm wurde abwechselnd als dunkel und hell bezeichnet, wenn ich meine Hand unbeweglich in dem Strahlengang hielt, während die Schwankungen, welche beobachtet wurden, wenn ich meine Hand bewegte, in keinerlei Zusammenhang mit ihren Bewegungen standen.

Man zeigte mir eine Anzahl von Photographien, welche das Aufleuchten des Bildes zeigten, und eine Platte wurde in meiner Gegenwart exponiert, aber die Bedingungen waren derartig, dass sie viele Fehlerquellen zuliessen. In erster Linie schwankt die Lichtstärke des Funkens fortwährend um einen Betrag, den ich auf 25 Proz. schätzte, ein Umstand, der allein schon ein genaues Arbeiten unmöglich machen würde. Zweitens werden die beiden Bilder („mit und ohne *N*-Strahlen") zusammengesetzt aus einer Anzahl kurzer Expositionen in der Weise, dass der Plattenhalter alle 5 Sekunden zurück und vorgeschoben wurde. Es erscheint mir durchaus möglich, dass der Unterschied in der Helligkeit der beiden Bilder herrühren kann von einer wiederholten Begünstigung der Exposition eines der Bilder; dieselbe kann ganz unbewusst sein, aber sie kann auch geleitet werden von der vorhergehenden Kenntnis der Versuchsanordnung. Es wird behauptet, dass alle derartigen Zufälligkeiten unmöglich gemacht seien durch Veränderung der Bedingungen, d. h. durch Veränderung der Stellungen des Schirmes, aber es muss daran erinnert werden, dass der Experimentator um die Veränderung weiss, und unbewusst beeinflusst werden kann, den Plattenhalter einen Bruchteil einer Sekunde länger auf einer Seite zu halten als auf der anderen. Ich bin ganz sicher, dass wenn eine gemeinsame Versuchsreihe in diesem Laboratorium ausgeführt werden würde von dem Urheber der photographischen Versuche und den Professoren Rubens und Lummer, die bekanntlich vergebens versucht haben, sie zu wiederholen, dass dann die Fehlerquelle gefunden werden würde.

Das nächste Experiment, welches man mir zeigte, war die Ablenkung der Strahlen durch ein Aluminiumprisma. Die Aluminiumlinse wurde entfernt und ein Schirm aus nassem Karton mit einem 2 oder 3 mm breiten vertikalen Spalt an ihre Stelle gesetzt. Vor dem Spalt stand das Prisma, von welchem behauptet wird, dass es das Strahlenbündel nicht nur zur Seite ablenkt, sondern es auch zu einem Spektrum ausbreitet. Die Lagen der abgelenkten Strahlen wurden lokalisiert durch einen schmalen senkrechten Strich von phosphoreszierender Farbe, vielleicht 0,5 mm breit, auf einem Stück trocknen Kartons, welches mittels einer Teilmaschine entlang bewegt wurde.

Es wurde behauptet, dass eine Schraubendrehung, welche einer Fortbewegung von weniger als 0,1 mm entspräche, hinreichend sei, um eine Veränderung in der Leuchtstärke des phosphoreszierenden Striches zu verursachen, wenn derselbe durch das *N*-Strahlen-Spektrum hin bewegt wird, und das bei einem 2 oder 3 mm breiten Spalt! Ich gab meiner Überraschung darüber Ausdruck, dass ein 3 mm breites Strahlenbündel in ein Spektrum zerlegt werden könnte, mit Maximis und Minimis von weniger als 0,1 mm Abstand, und man sagte mir, dass dies eine der unerklärlichen und erstaunlichen Eigenschaften der *N*-Strahlen sei.

Ich war nicht imstande, irgendwelche Änderung in der Leuchtstärke des phosphoreszierenden Striches zu sehen, wenn ich ihn entlang bewegte, und ich fand späterhin, dass das Fortnehmen des Prismas (wir waren in einem dunklen Zimmer) die Einstellung der Maxima und Minima im abgelenkten (!) Bilde nicht im geringsten zu beeinflussen schien.

Ich schlug dann vor, man möchte versuchen, mittels des phosphoreszierenden Schirmes zu bestimmen, ob ich das Prisma mit seiner brechenden Kante nach rechts oder nach links stellte, aber weder mein Kollege noch sein Assistent bestimmte die Stellung in einem einzigen Falle richtig. (Es wurden drei Versuche gemacht.)

Die Misserfolge wurden einer Ermüdung zugeschrieben.

Man zeigte mir darauf ein Experiment anderer Art.

Ein kleiner Schirm, auf den eine Anzahl Kreise mit Leuchtfarbe aufgezeichnet waren, wurde auf den Tisch im Dunkelzimmer gestellt. Die Annäherung einer grossen Stahlfeile sollte das Aussehen der Zeichnung verändern, indem sie dieselbe heller und deutlicher erscheinen liesse.

Ich selbst konnte keine Veränderung sehen, obwohl das Phänomen als über jede Frage erhaben geschildert wurde, da die Veränderung sehr ausgeprägt sei. Ich hielt nun die Feile hinter meinem Rücken und bewegte meinen Arm in der Richtung gegen den Schirm hin und von ihm fort, und mein Kollege beschrieb die gleichen Veränderungen.

Ein Zifferblatt in einem ganz schwach beleuchteten Zimmer sollte viel deutlicher und heller werden, wenn man die Feile vor die Augen hielt, infolge einer besonderen Wirkung der von der Feile ausgesandten Strahlen auf die Netzhaut. (Dieser Versuch stammt, wie ich glaube, aus einem anderen Laboratorium.) Ich vermochte nicht die geringste Veränderung zu sehen, obgleich mein Kollege sagte, dass er die Uhrzeiger deutlich sehen könne, wenn er die Feile in der Nähe der Augen hielte, während sie vollständig unsichtbar wären, wenn man die Feile entfernte. Das Zimmer war matt erleuchtet durch eine herunter geschraubte Gasflamme, wodurch Kontrollversuche ohne die Feile unmöglich waren. Dieselben Veränderungen im Aussehen des Zifferblattes wurden angegeben, als ich die Feile vor die Augen des Beobachters hielt, und ich fand, dass die Substituierung eines hölzernen Stockes, der in dem matt erleuchteten Zimmer nicht von der Feile unterschieden werden konnte, den Versuch in keiner Weise beeinträchtigte, denn es wurden die gleichen Veränderungen gesehen wie zuvor. Die Substituierung des hölzernen Stockes an Stelle der Feile geschah natürlich ohne Wissen des Beobachters.

Ich muss bekennen, dass ich das Laboratorium mit einem deutlichen Gefühl der Niedergeschlagenheit verliess, nicht nur, weil es mir nicht gelungen war, ein einziges Experiment von überzeugender Natur zu sehen, sondern auch infolge der fast sicheren Überzeugung, dass alle Veränderungen in der Leuchtstärke oder der Deutlichkeit von Funken und Phosphoreszenzschirmen (welche den einzigen Nachweis für die N-Strahlen liefern) rein imaginär sind.

Es erscheint befremdlich, dass nach der Arbeit eines Jahres über den Gegenstand nicht ein einziges Experiment ersonnen worden ist, das einen kritischen Beobachter irgendwie davon zu überzeugen vermöchte, dass die N-Strahlen überhaupt existieren.

Was die Funkenphotographien angeht, welche als objektiver Beweis für die Wirkungen der Strahlen betrachtet werden, so habe ich nur zu sagen, dass ich ihnen sehr zweifelnd gegenüber stehe.

Es könnten leicht Experimente erdacht werden, welche den Gegenstand ausser allem Zweifel setzen würden, beispielsweise das folgende:

Es mögen zwei Schirme hergerichtet werden; der eine bestehe aus zwei dünnen Aluminiumblättchen, zwischen welche einige Blätter nassen Papiers gelegt seien, und welche längs der Kanten hermetisch durch Wachs miteinander verbunden seien; der andere Schirm sei genau ähnlich, möge aber trockenes Papier enthalten. Es mögen mit den beiden Schirmen ein Dutzend oder mehr Photographien aufgenommen werden, und zwar so, dass diejenige Person, welche die Platten exponiert, nicht wissen möge, welcher Schirm in jedem einzelnen Falle angewandt wird.

Da einer der Schirme für die N-Strahlen undurchlässig, der andere durchlässig ist, so würden die erhaltenen Photographien Aufschluss geben. Es würden zwei Beobachter erforderlich sein, von denen einer die Schirme auswechseln und über den in jedem Falle angewandten Schirm Protokoll führen müsste, während der andere die Platten zu exponieren hätte. Gelegentlich müsste derselbe Schirm für zwei aufeinander folgende Aufnahmen benutzt werden, und es müsste für die Person, welche die Platten exponiert, die Möglichkeit ausgeschlossen sein, irgendwie zu wissen, ob ein Wechsel vorgenommen wäre oder nicht.

Ich bin sicher, dass, wenn man einen Tag oder zwei auf irgendein derartiges Experiment verwenden würde, man sehen würde, dass die Änderung in der Dichte der photographischen Bilder keinerlei Zusammenhang mit der Natur des benutzten Schirmes haben würde.

Warum können nicht die Experimentatoren, welche Ergebnisse mit N-Strahlen erhalten, und diejenigen, welche keine erhalten, eine Reihe von Versuchen gemeinsam ausführen, wie dies erst im letzten Jahre Crémieu und Pender gethan haben, als Zweifel an der Realität des Rowland-Effekts ausgesprochen wurden?

Brüssel, 24. Sept. 1904.

(Aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 29. September 1904.)

Über die Abhängigkeit der Stromstärke, Leistung sowie des Wirkungsgrades der Influenzmaschinen von dem Entladepotential.

Von Heinrich Wommelsdorf.

§ 1. Beschreibung der Versuchsmaschine.

(Vorläufige Mitteilung.)

Bevor ich auf das eigentliche Thema dieser Abhandlung übergehe, sei mir gestattet, der Verständlichkeit halber, die benutzte Versuchsmaschine, eine „Kondensatormaschine mit Doppeldrehung", wie ich sie benannt habe, kurz zu beschreiben. Da dieselbe gegenüber meiner ersten Veröffentlichung vom Jahre 1902[1]) in einer neuen Ausführungsform erscheint, so mag die in Fig. 1 schematisch und in Fig. 2 und 3

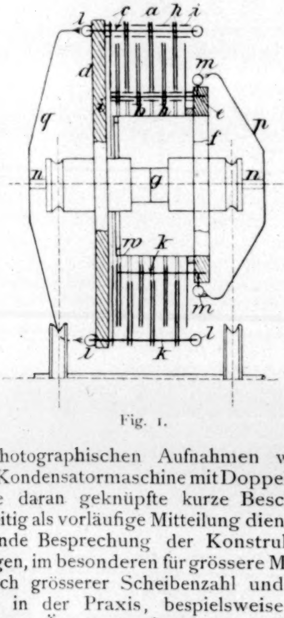


Fig. 1.

nach photographischen Aufnahmen wiedergegebene Kondensatormaschine mit Doppeldrehung und die daran geknüpfte kurze Beschreibung gleichzeitig als vorläufige Mitteilung dienen. Eine eingehende Besprechung der Konstruktionsanordnungen, im besonderen für grössere Maschinen von noch grösserer Scheibenzahl und solcher, wie sie in der Praxis, bespielsweise in den Händen von Ärzten zur Ausübung der Röntgentechnik und Elektrotherapie Verwendung finden sollen, werden erst später in einer besonderen Abhandlung erscheinen.

Die neue, auf einer besseren Scheibenlagerung beruhende Ausführungsform (D. R. P. a. angem. am 7. März 1904) der Kondensatormaschinen, D. R.-P., 1902 besteht darin, dass sämtliche in ein und derselben Richtung umlaufenden ringförmig ausgebildeten Scheiben *a* bezw. *b* durch parallel zur Achsenrichtung angebrachte Träger *c* bezw. *e* mit zwei oder — wie in den vorliegenden Figuren — mit einer starken isolierenden Scheibe bezw. radförmigen Körper *d* bezw. *f* starr verbunden sind, die auf einer festen Achse drehbar gelagert, eine gemeinsame Rotation aller Scheiben herbeiführt.

Die sogenannten Arbeitsscheiben *a* bezw. *b* selbst bestehen entweder aus je einer Einzelscheibe, in der die Sektoren allseitig eingebettet (einvulkanisiert) sind, oder sie bestehen, wie in der ersten Veröffentlichung beschrieben und bei der benutzten Versuchsmaschine (Fig. 1 und 2) praktisch ausgeführt wurde, aus je zwei Einzelscheiben. Zwischen den inneren einander zugekehrten Oberflächen derselben und auf den Aussenseiten der äusseren Scheiben ist eine gewisse Anzahl, in unserem Falle von 30 Stanniolsektoren angebracht. Sämtliche in einer der Achsenrichtung parallelen Linie liegenden Sektoren stehen miteinander vermittels eines schmalen radialen Stanniolstreifens teils mit den als Bolzen ausgebildeten Trägern *c*, teils mit dünneren Kollektorstangen *k* in leitender Verbindung, die wie die Bolzen *c* parallel zur Achsenrichtung in der Ebonitscheibe *d* und *e* befestigt sind.

Die Kollektorstangen *k* sowie die Bolzen *c* und *e* endigen entweder in Metallkugeln bezw. abgerundeten Muttern *l* oder sind mit besonderen Kugeln *m* leitend verbunden. Die hierdurch gebildeten Kugelreihen dienen zur Elektrizitätsabnahme und Polarisation der Scheiben und können daher ohne weiteres als „Hochspannungskollektoren" betrachtet und bezeichnet werden.

Um die Scheiben vor Staub und sonstigen äusseren Einflüssen zu schützen, ist um die äusseren Scheiben *a*, die beiläufig durch zwischengeschobene auf den Bolzen *c* bezw. *e* sitzende Ringe *h* bezw. *i* in dem richtigen Abstande voneinander gehalten werden, ein dünner biegsamer Ebonitkarton mit durch Seidenfilter verschlossenen Ventilationsöffnungen gelegt und an den Ringen *h* der Träger *c* befestigt (vergl. Fig. 3); desgleichen sind die Öffnungen an der rechten radförmig ausgebildeten Trägerscheibe *f* mit durchscheinend dünner, die Luft leicht durchlassender Seide abgeschlossen (Fig. 2).

Bei vollkommeneren Maschinen, im besonderen von grösserer Scheibenzahl und solchen von sehr hohen Tourenzahlen ($n = 2000$) wird die in Fig. 1 und 2 wiedergegebene Anordnung nicht unwesentlich verändert. Alsdann werden (D. R. P. a. vom 7. März 1904) sowohl die Scheiben *b* wie auch die äusseren Scheiben *a* nicht wie in Fig. 1 nur einseitig, sondern auf beiden Seiten, also im ganzen von je zwei Trägerscheiben *f* bezw. *d* gehalten. Die auf den ersten Blick sich ergebenden Schwierigkeiten der Lagerung, im besonderen aber der Elektrizitäts-

1) H. Wommelsdorf, Ann. d. Phys. **9**, 651, 1902.

abnahme von dem inneren Kollektor *m* wurden in sehr einfacher und befriedigender Weise gelöst; auf diese bei der Versuchsmaschine nicht ausgeführte, für die Praxis jedoch am wichtigsten erscheinende Anordnung werde ich — wie gesagt — an besonderer Stelle später zurückkommen. — — —

Hinsichtlich der Grössenverhältnisse der zu den Messungen benutzten Maschine, Fig. 2 und 3, füge ich noch hinzu, dass dieselbe ausser den an den beiden Aussenseiten befindlichen zwei einfach wirkenden Scheiben im ganzen 8 Doppelscheiben besitzt, deren Durchmesser zur einen Hälfte 44, zur anderen 47 cm betragen.

neue, allgemein geltende Polarisationssystem besteht der Hauptsache nach darin, dass in die Polarisatorkreise Widerstände bezw. Luft- oder Funkenstrecken von $R = 0$ bis ∞ geschaltet werden. Auf die Influenzmaschinen mit Doppeldrehung angewandt, ist der Fall für $R = 0$ nichts anderes als die soeben genannte Schaltung nach Holtz-Musaeus, also bereits bekannt; dagegen ist der Fall, wo $R = \infty$ wird (Fehlen des vorderen Polarisators der Fig. 2) oder einen ganz bestimmten experimentell ermittelten Wert besitzt (kann in einfachster Form durch Abrücken des vorderen Polarisators von dem Kugelkollektor bezw. bei Influenzmaschinen von den Scheiben erhalten werden), bisher noch

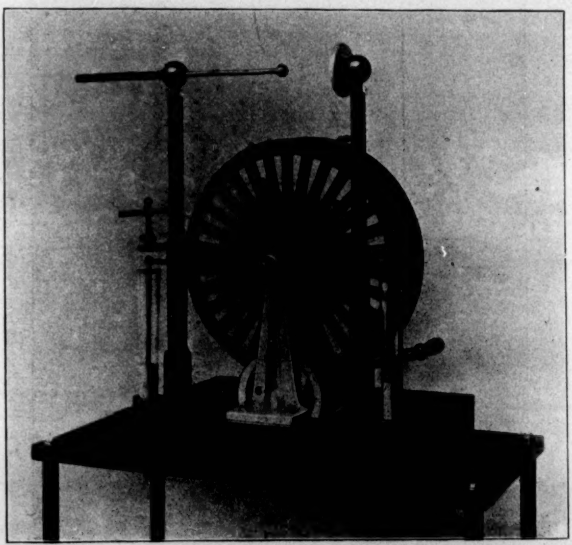


Fig. 2.

Die für die Messungen benutzte Schaltung der Polarisatoren *p* und *q* und der Konduktoren ist aus der Fig. 2 und 3 ersichtlich und ist darnach dieselbe, wie sie auch an einfachen Influenzmaschinen gebräuchlich ist und mit Rücksicht auf diese zuerst von W. Holtz[1]) und W. Musaeus[2]) (vielfach irrtümlich nach M. Wimshurst benannt) mitgeteilt wurde.

Die eingehende Mitteilung und Begründung einer neuen Polarisatoren- und Konduktorenschaltung, anwendbar auf alle Arten von Influenzmaschinen, auch auf die mit fester Erregung, werde ich in aller Kürze folgen lassen. Dieses

unbekannt. Beide Schaltungen übertreffen jedoch die bekannte den vorliegenden Messungen zu Grunde liegende Schaltung bedeutend; durch die Anwendung derselben wird beispielsweise der Wirkungsgrad der beschriebenen Versuchsmaschine um mehr wie $^1/_4$ und die maximale Schlagweite (als Mass der grössten erreichbaren Spannung) noch um ca. 30 mm von 225 auf 255 mm erhöht.

§ 2. Messungen.

Bekanntlich gab die Kurve, welche die zuerst von John Hopkinson 1879 nachgewiesene Abhängigkeit der in einer Hauptstrommaschine erzeugten elektromotorischen Kraft von der Stromstärke bei konstanter Tourenzahl darstellt,

1) W. Holtz, Pogg. Ann. **130**, 128 u. 168, 1867; siehe ausserdem darüber: Poggendorff, Pogg. Ann. **150**, 1, 1873; auch Riess, Pogg. Ann. **131**, 15, Abh. 4, S. 233.

2) W. Musaeus, Pogg. Ann. **143**, 285, 1871.

und die von Marcel Deprez „la caractéristique“ benannt wurde, den Anlass, dass seither eine grosse Anzahl von Kurven, die zur Erläuterung des Verhaltens der magnet-elektrischen Maschinen dienen konnten, allgemeinen Eingang fanden. In ähnlicher Weise habe ich auch für die Influenzmaschinen einige das Verhalten derselben „charakterisierender Kurven“ aufgestellt, welche für alle möglichen zwischen den Elektroden abnehmbaren Entladespannungen, über die jeweiligen Grössen der wichtigsten Faktoren, im besonderen der Stromleistung und des Wirkungsgrades Aufschluss geben.

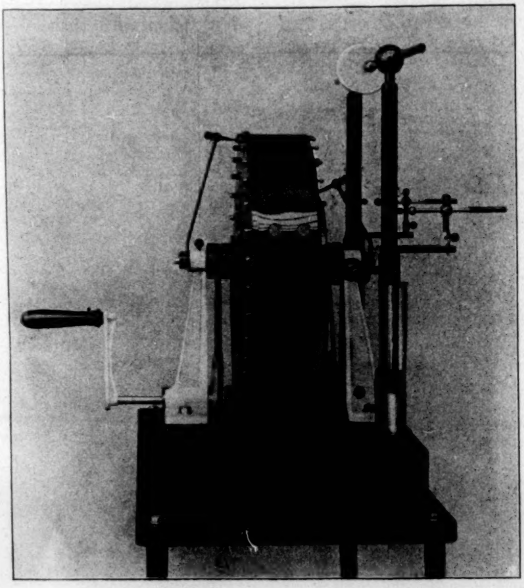


Fig. 3.

Diese Abhängigkeit der Stromstärke, der aufgewandten und erzeugten Leistung, sowie des Wirkungsgrades von dem Entladepotential konnte gerade bei den Influenzmaschinen mit Doppeldrehung, für deren Verhalten und Theorie man wegen ihrer grösseren Einfachheit und Durchsichtigkeit dem System mit fester Erregung gegenüber zunächst am meisten interessiert sein musste, bisher auf keine Weise festgestellt werden. Wegen der grossen Lager- und Riemenreibung, welche die bisherigen Mehrfach-Influenzmaschinen[1]) dieses Systems infolge davon, dass bei denselben immer nur eine oder je zwei Scheiben für sich gelagert und durch Riemen angetrieben wurden, stets aufweisen, war es nicht möglich, an den dazu geeigneten grösseren Maschinen jene Abhängigkeiten festzustellen. Da hingegen bei der abgebildeten, zu den Versuchen benutzten Kondensatormaschine sämtliche Scheiben von nur zwei Riemen gemeinsam angetrieben werden, bildet die gesamte Reibungsarbeit nur einen verhältnismässig geringen Bruchteil der Gesamtarbeit, so dass es dadurch möglich geworden ist, mit genügender Genauigkeit die notwendigen Messungen anzustellen. Diese wurden in derselben Weise durchgeführt, wie in einer erst vor kurzem an anderer Stelle erschienenen Abhandlung[1]) bereits beschrieben wurde. Indem ich mit dem Hinweis auf jene Arbeit auf eine nochmalige Beschreibung der nicht ganz unwesentlichen Art des Messverfahrens (mittels Flaschenentladungen und Anfangspotentialen der Entladung[2])) hier wohl verzichten darf, wiederhole ich hinsichtlich der Bezeichnung kurz das Folgende:

V = Entladespannung (Anfangspotential der

1) Vergl. John Gray, Les machines électriques à influence, traduit par G. Bellissier, S. 143, Fig. 77 und Tafel 1 zu Seite 1.

1) H. Wommelsdorf, Einfluss der Polarisatorstellung auf die Stromleistung der Influenzmaschinen mit Doppeldrehung, § 3, Ann. d. Phys., 1904.

2) Die Leitungs- und Flaschenverluste, die mit der Spannung wachsen und auch für die Kurvenform der Fig. 4 von Bedeutung sind, wurden (zu Ungunsten der Maschine) nicht berücksichtigt. Über die Größe derselben siehe die Ermittelungen von A. Slaby, Elektrot. Ztschr. **25**, 777, 1904.

Entladung) in Volt, aus der Schlagweite zwischen Kugeln bestimmt;

J_n = nutzbare Stromstärke bei einer Umdrehung der Scheiben in der Sekunde ($n = 60$), aus der Zahl von Flaschenentladungen bestimmt.[2])

E_n = Nutzleistung in Watt (pro $n = 60$) = $J_n \cdot \frac{V}{2}$, berechnet.[2])

E_e = aufgewandte Energie minus Leerlaufsenergie in Watt (pro $n = 60$), an einem Elektromotor von $^1/_5$ PS. mittels Präzisions-Ampère- und Voltmeter bestimmt.

η_e = elektrischer Wirkungsgrad = $\frac{E_n}{E_e}$, berechnet.[2])

Tabelle.

Für 1 Umdrehung der Scheiben in der Sekunde.[2])

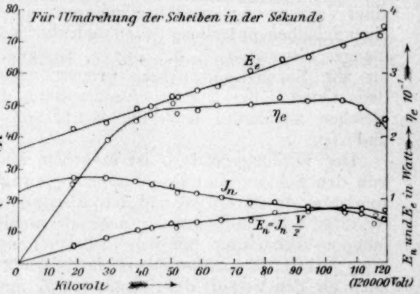
Entlade-potential V in Volt	Nutzbare Stromstärke pro $n = 1$ in der Sek. $J_n \cdot 10^6$ A.	Nutzleistung $E_n = J_n \frac{V}{2}$ in Watt	Aufgewendete Leistung E_e in Watt	Wirkungsgrad η_e in Proz.
18800	27,81	0,262	2,08	12,55
29300	28,39	0,416	2,23	18,65
38600	27,90	0,538	2,41	22,38
43900	26,89	0,59	2,47	23,9
48100	26,01	0,623	2,53	24,7
50800	25,80	0,654	2,58	25,4
51800	24,31	0,630	2,574	24,5
58700	23,11	0,677	2,70	25,1
66300	21,60	0,716	2,78	25,7
73700	20,09	0,74	2,89	25,6
85300	19,60	0,837	3,13	26,7
95800	18,11	0,869	3,26	26,7
105200	16,20	0,853	3,39	26,2
111200	16,21	0,888	3,55	25,0
117000	13,11	0,767	3,57	21,5
119600	13,69	0,818	3,69	22,2

Sämtliche Messresultate sind in der Tabelle zusammengestellt worden und in der Fig. 4 in der Weise dargestellt worden, dass für alle Kurven die Spannungen in Kilo-Volt als Abszissen eines Koordinatensystems aufgetragen worden sind. Die zugehörigen Werte für den Nutzstrom bei einer Umdrehung der Scheiben in der Sekunde sind in Mikro-Ampère als Ordinaten eingezeichnet. Die Werte für die mittels Flaschen gemessene Hochspannungsnutzleistung $E_n = J_n \cdot \frac{V}{2}$, sowie die für eine Scheibenumdrehung in der Sekunde aufgewendete Leistung E_e sind in Watt (Werte rechts angegeben), endlich die Werte für den jeweiligen Wirkungsgrad $\eta_e \cdot 10^{-1}$ in Prozenten von E_e aufgetragen.

Wie man aus dem Verlauf der Stromkurve ersieht, wächst die Stromleistung der benutzten Versuchsmaschine, von der Entladespannung 0 angefangen, zunächst um ein Geringes bis zu einem bei ca. 30000 Volt liegenden Maximalwert von 28,5 Mikro-Ampère, um sodann langsam bis zu ca. 100000 Volt auf den Wert von 17,8 Mikro-Ampère herabzusinken.

Die aufzuwendende Leistung E_e wächst bei der Versuchsmaschine genau proportional mit der Entladespannung; die Nutzleistung E_n und infolgedessen der elektrische Wirkungsgrad η_e wächst zuerst bis zu ca. 40000 Volt schnell, sodann nach einem scharfen Knick langsam von 50000 Volt an weiter geradlinig bis zu ca. 100000 Volt. Für alle Entladespannungen von 50—100 Kilo-Volt ist der Wirkungsgrad der Maschine nahezu derselbe, nämlich ca. 26 Proz.

Fig. 4.



(Vergl. auch Fussnote 2 der Tabelle.)

Von ca. 100000 Volt an bis zu den höchsten von der Maschine mit Sicherheit lieferbaren Spannungen von 120000 Volt (die grösste Schlagweite der Versuchsmaschine zwischen den in Fig. 2 ersichtlichen Elektroden beträgt beiläufig 255 mm, vergl. den Schluss von Kapitel 1) fallen sodann die Werte für J_n, E_n und η_e rasch um ein Beträchtliches ab. Der Grund für diesen plötzlichen Abfall der Kurven während dieser dritten Periode ihres Verlaufes liegt an einer Eigentümlichkeit der Polarisatorstellung, und ist, die Kenntnis der bereits citierten Abhandlung über den „Einfluss der Polarisatorstellung" vorausgesetzt, leicht zu geben: Es wurden nämlich sämtliche Werte für die Stromstärken J_n der Maschine in der Weise erhalten, dass die Polarisatoren dabei vermittels der in Fig. 2 sichtbaren Skala in ihrer günstigsten vorher ermittelten Winkelstellung zueinander eingestellt waren, also für die Spannungen unter 100000 Volt unter einem „Polarisatorwinkel", der hinreichend gross war, dass die Maschine alsdann sowohl in ihrem Innern auf den Scheiben wie auch im Äusseren nutzbaren Stromkreise die grösste Elektrizitätsmenge erzeugte. Dieser Winkel muss — wie ich in jener Abhandlung gezeigt habe — für die Versuchsmaschine $\geqq 45^0$ betragen. Da nun für die grösseren Entladespannungen von 100—120 Kilo-Volt, um eine auf-

tretende Entladung der Elektroden nach den Polarisatoren hin zu verhindern, diese zur Erreichung der grössten nach aussen hin auftretenden nutzbaren Stromstärken unter kleineren Winkeln (nämlich als 45°) einzustellen sind, als wie erforderlich ist, damit die Maschine in ihrem Innern auf den Scheiben wie überhaupt unabhängig von der Entladespannung die maximale Stromstärke erzeugt, so muss sich naturgemäss in diesem Bereiche ein schnellerer Abfall der Kurven von $\mathfrak{J}_n$ und infolgedessen auch der von E_n und η_e einstellen, als wie man nach dem Verlaufe dieser Kurven in dem Bereiche von ca. 50000—100000 Volt hätte annehmen sollen.

Gleiche Polzahl vorausgesetzt, wächst bei einer Veränderung der Maschinengrösse die bei einer Scheibenumdrehung gelieferte Elektrizitätsmenge, also auch $\mathfrak{J}_n$ der Fig. 4, so ziemlich für alle Spannungen nahezu proportional mit dem Quadrat des Scheibendurchmessers, desgleichen annähernd auch die Werte von E_n und E_e.

Der Wirkungsgrad η_e ist in hohem Masse von den Sektorverhältnissen abhängig, im besonderen von der Grösse und dem Abstande der Sektoren vom Rand, von der mehr oder weniger innigen Verbindung mit den Kollektorstangen etc. Der letztere Umstand ist im besonderen auch für den Verlauf der Stromkurve $\mathfrak{J}_n$ innerhalb des Bereiches von ca. 0—30000 Volt massgebend. In dieser Hinsicht waren bei der benutzten Versuchsmaschine nur 10 Kollektorstangen mit den zugehörigen Sektoren gut verbunden (für die Selbsterregung genügt es auch unter den ungünstigsten Witterungsverhältnissen, wenn einige wenige derselben leitende Verbindung haben), während die übrigen 20 durch einen sich bei der Montage ergebenden mehr oder weniger grossen Luftraum (ca. $^1/_2$—2 mm) von den Sektorverlängerungen getrennt waren. Die hierdurch bedingte, auf den Scheibenoberflächen verbleibende, nicht in den Elektroden zum Ausgleich gelangende, auch bei guter leitender Verbindung stets vorhandene „remanente Elektrizitätsmenge" bildet die Ursache, dass bei ein und derselben Maschine infolge anderer besserer oder schlechterer Sektorenverbindungen die Werte von $\mathfrak{J}_n$ im Bereiche von ca. 0—30000 Volt der Fig. 4 bedeutend niedriger oder höher liegen können. — — —

Durch die beschriebenen Kurven wird eine jede Maschine vollständig bestimmt. Da die Werte von $\mathfrak{J}_n$, E_n und E_e nahezu proportional mit der Tourenzahl wachsen und in Fig. 4 für eine Umdrehung in der Sekunde ($n = 60$) aufgetragen wurden, so erhält man die von der Maschine gelieferte Stromstärke sowie die anderen Werte einfach durch Multiplikation mit der sekundlichen Tourenzahl ($n/60$).

Um sich beispielsweise ein Bild von der Frequenz des Funkenstroms bezw. der Zahl z der sekundlichen Funken in der Funkenstrecke machen zu können, mag man sich der folgenden Formel bedienen:

$$z = \left[\frac{\mathfrak{J}_n}{C \cdot V \cdot 10^3} \cdot \frac{n}{60} \cdot \frac{13}{11} \cdot 9 \cdot 10^{11}\right] = 17{,}7 \, \frac{n}{C \cdot V} \cdot (\mathfrak{J}_n \cdot 10^6),$$

worin n die Tourenzahl in der Minute, C die Kapazität in Centimeter, V die Spannung in Kilo-Volt und $\mathfrak{J}_n \cdot 10^6$ die der Fig. 4 entnommenen Werte bedeuten.

Für eine Tourenzahl von $n = 1000$, $C = 65$ (zwei Flaschen von je 130 cm Kapazität mit niedriger für grosse Schlagweiten berechneten Stanniolbelegung in Kaskade) und $V = 120000$ Volt (Schlagweite zwischen Kugel und Platte ca. 225 mm) wird darnach beispielsweise die Zahl der sekundlichen Funken in der Funkenstrecke $z = 27$; für $V = 100000$ Volt (Schlagweite ca. 170 mm) wird dagegen bereits $z = 49$, und für $V = 30000$ Volt (Schlagweite ca. 15 mm) gar $z = 260$. Infolge dieser hohen Frequenz bei den kleineren Schlagweiten kommt es, dass ohne die Anwendung von Leydener Flaschen die Entladung der sehr geringen Eigenkapazität der Elektroden u. s. w., die bei den grösseren Schlagweiten (bis 25 cm) einen stark verästelten prasselnden Funkenübergang bildet, bei den kleineren Schlagweiten ($\leqq$ 5 cm) ähnlich wie bei den Funkeninduktorien in einen rauschenden zusammenhängenden Flammenbogen übergeht. Dieser ist bei der Kondensatormaschine bläulich gefärbt und kann, wie bei den Induktorien durch einen starken Luftstrom wiederum in einen Funkenstrom umgewandelt werden.

Zum Schluss sei mir gestattet, Herrn Geh. Rat Professor Dr. A. Slaby, in dessen Laboratorium mir auch die Mittel zur Durchführung der beschriebenen Messungen an die Hand gegeben waren, für das meinen Arbeiten stets entgegengebrachte Interesse, sowie seinem Assistenten Herrn A. Nairz für die bereitwillige thatkräftige Unterstützung meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

(Eingegangen 8. Oktober 1904.)

Kurzer Bericht über Versuche zur Übertragung von Tönen mittels elektrischer Wellen.

Von Otto Nussbaumer.

Als ich mich im Juni dieses Jahres mit den hochinteressanten Versuchen von Simon, Duddell und Peukert befasste, wolllte ich die durch das Pfeifen des Lichtbogens erregten Wechselströme dazu benutzen, um ein Induktorium damit zu speisen. Da aber das Induktorium

ein Eisenbündel enthält, so muss man ausser der gewöhnlichen Anordnung, nämlich Kapazität und Selbstinduktion in Serie geschaltet, noch eine Kapazität im Nebenschluss zur Bogenlampe schalten, um ein Pfeifen des Lichtbogens zu erwirken.

Bezeichnungen:
B Stromquelle; *L* Lichtbogen; *C* Kapazität; *J* Induktorium; *M* Mikrophon; *S* Spule; *f* Funkenstrecke; *A* Antenne; *Sch* Schwingungskreis; *F* Fritter; *T* Telephon.

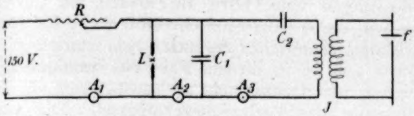


Fig. 1.

Als Stromquelle gebrauchte ich die hiesige städtische Centrale mit 150 Volt Klemmenspannung. Der Bogenlampenstrom wurde durch den Regulierwiderstand *R* so eingestellt, dass das Ampèremeter A_1 2 Amp. anzeigte. Der im Nebenschluss zur Bogenlampe *L* gelegte Kondensator C_1 hatte eine Kapazität von 15 M.-F.; der Kondensator C_2 hatte 3 M.-F. Der Strom A_2 betrug 12 Amp. und A_3 3 Amp. Durch diese Anordnung erhielt man bei *f* einen Funkenstrom von ca. 2 cm Länge, welcher genau so pfiff, wie der Lichtbogen. Benutzt man nun diese Schaltung zum Laden des Kondensatorsystems eines elektrischen Schwingungskreises (z. B. System **Braun**), so kann man diese Töne mittels elektrischer Wellen übertragen (Figur 1a).

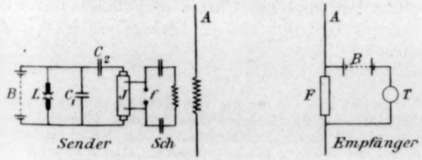


Fig. 1a.

Als Empfänger können alle Apparate angewendet werden, welche es ermöglichen, drahtlose Telegramme telephonisch zu empfangen. Um aber auch Melodien auf diese Weise zu übertragen, verwendete ich 2 Schaltungsarten.

Die erste Schaltungsweise besteht darin, dass auf bekannte Art nach **Simon**, **Duddell** oder **Ruhmer** der Lichtbogen zum Singen gebracht wird und die dadurch veranlassten Stromschwankungen der primären Rolle des Induktoriums mitgeteilt werden. (Siehe Figur 2.) Durch Transformation dieser Stromschwankungen entsteht bei *f* ein Funkenstrom, welcher die Melodie, welche bei *M* in das Mikrophon gesungen wird, rein und deutlich wiedergiebt. Die Übertragung von Melodien geschieht dann

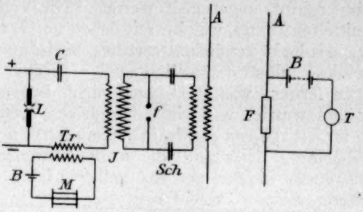


Fig. 2.

genau so wie im Falle 1. Noch einfacher gestaltet sich die Schaltung zur Übertragung von Melodien dadurch, dass man in den Primärkreis des Induktoriums ein Mikrophon statt des Unterbrechers einschaltet. Um das Mikrophon mehr zu schonen, schaltet man dasselbe im Nebenschluss zu einer Spule *S*, wie es **Ruhmer** angiebt. (Siehe Fig. 3.)

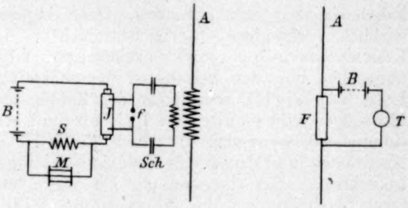


Fig. 3.

Graz, am 4. Nov. 1904.

(Eingegangen 6. November 1904.)

Über das Reflexionsvermögen von aktivem und passivem Eisen.

Von W. J. **Müller** und J. **Koenigsberger**.

In Nr. 19 u. 20 (diese Zeitschr. **5**, 603, 632, 1904) erhebt Hr. **Bernoulli** verschiedene Einwände gegen unsere Messungen[1]) des Reflexionsvermögens von aktivem und passivem Eisen. Ein Teil der Bedenken wäre bei genauer Durchsicht der dort citierten Abhandlungen[2]) in Wegfall gekommen. Wir haben erstens nicht in linear polarisiertem Licht beobachtet. Die Anwendung von linear polarisiertem Licht ist bei unserer photometrischen Anordnung unmöglich, wäre übrigens auch bei der angewandten senkrechten Inzidenz für die isotropen Metalle vollkommen gleichgültig. Wir haben zweitens nicht in weissem Licht beobachtet. Die Spektralvorrichtung ist in der ersten dort citierten Arbeit beschrieben und in der zweiten, wie schon flüchtige Durch-

1) Diese Ztschr. **5**, 413, 1904.
2) Diese Ztschr. **4**, 345 u. 494, 1903.

sicht ergiebt, angewandt worden. Die von uns ermittelten Werte, welche mit denen von Drude und Micheli verglichen werden, beziehen sich wie diese selbstverständlich auf $\lambda = 589\,\mu\mu$. Wir haben ferner, was aber auch nicht besonders erwähnt wurde, weil sich das gleiche Resultat wie für $\lambda = 589\,\mu\mu$ ergab, in rotem Licht $\lambda = 650$ beobachtet. Hier sind die Beobachtungsfehler noch etwas kleiner als für gelbes Licht. Ein weiterer Einwurf von Herrn Bernoulli, dass nämlich die von uns angewandte Methode der Messung des Reflexionsvermögens sich zur Feststellung von Oberflächenschichten nicht eigne, wird gerade durch die von ihm zu Gunsten seiner Theorie benutzten Zahlen von Micheli widerlegt. Wir hatten (loc. cit. S. 413) aus eben diesen Zahlen in bekannter Weise berechnet, dass danach eine Änderung des Reflexionsvermögens um etwa 4 Proz. seines Wertes sich ergeben würde. Mit unserem Photometer hätten wir eine solche von 0,2 Proz. finden können, haben sie aber nicht gefunden. Dass dagegen wirklich vorhandene Oberflächenschichten das Reflexionsvermögen stark beeinflussen, folgt, abgesehen von den bekannten Versuchen von Lord Rayleigh[1]), schon aus den Zahlen und Messungen von Drude (an Bleiglanz und Antimonglanz), wenn man aus diesen die optischen Konstanten und daraus das Reflexionsvermögen berechnete. Der eine von uns hat diese letzteren Erscheinungen, die Änderung des Reflexvermögens frischer Spaltflächen durch eine sich allmählich bildende Deckschicht, auch direkt in noch nicht publizierten Versuchen bestätigen können.

Herr Bernoulli beachtet auch bei seinen nur theoretisch scheinbar begründeten[2]) Einwänden nicht, dass die Deckschichten von Metallen notwendig einen kleineren Absorptionsindex haben müssen als die Metalle selbst. Dass ferner aus nur einer Bestimmung der Reflexion die zwei optischen Konstanten sich nicht eindeutig berechnen lassen[1]), ist keine Widerlegung der Thatsache, dass eine Oberflächenschicht auf die Reflexion der Metalle einwirken muss. Die Jamin-Quinckesche Methode ist unstreitig für vorzüglich polierte, chemischen Agentien nicht ausgesetzten Substanzen die genaueste; aber sie wird, wie gerade die neuen Messungen von Herrn Bernoulli am Chrom zeigen, durch Korrosion der Oberfläche bei Einwirkung chemischer Agentien sehr stark beeinflusst und ist in diesem Fall viel weniger geeignet, eine Deckschicht zu konstatieren, als die Messung des Reflexionsvermögens. Die von Herrn Bernoulli gefundenen Unterschiede in den Werten des Haupteinfallswinkels und Hauptazimuts sind für ursprünglich aktives und dann nach Passivierung wieder aktiviertes Chrom fast so gross wie die zwischen aktivem und passivem Chrom. Zum Teil ist dies wohl auch auf das Benetzen und darauf folgende Trocknen der Spiegel zurückzuführen, wobei stets eine Wasserhaut von variabler Dicke adhärent zurückblieb.

Was die chemische Erklärung der von Herrn Bernoulli angenommenen Oberflächenschicht am passiven Chrom anlangt, ist zu bemerken, dass eine aus Chromichromat bestehende Schicht ein gleichzeitiges Inlösunggehen von Chromi- und Chromation bedingen würde. Hittorf hat aber gezeigt, dass passives Chrom quantitativ nach Faradays Gesetz als Chromat in Lösung geht. Die Annahme einer Oberflächenschicht von Chromichromat am Chrom steht also mit Faradays Grundgesetz der Elektrolyse in Widerspruch.

1) Proc. of Royal Soc. **41**, 275, 1886.

2) Aus der Abhandlung von Drude, Wied. Ann. **36**, 878 u. ff. 1889, hätte entnommen werden können, dass das Vorhandensein einer stets vorhandenen Oberflächenschicht auch durch die Jamin-Quinckesche Methode nicht festgestellt werden kann, was Herr Bernoulli (vergl. S. 603 u.) zu glauben scheint.

1) Der eine von uns hat aber auch in einfacher Weise durch Messung der Reflexion einer Substanz in zwei Medien von verschiedenem Brechungsindex die beiden optischen Konstanten eindeutig bestimmen können, und z. B. bei Eisenglanz den Brechungsindex für $\lambda = 645\,\mu\mu$ $n = 2{,}83$ gefunden in Übereinstimmung mit Wülfing, der nach der Prismenmethode $n = 2{,}80$ fand.

(Eingegangen 22. Oktober 1904.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Über Dampfturbinen.[1])

Von Hermann Bonin.

Die potentielle Energie des gespannten Wasserdampfes kann in zweierlei Arten von Maschinen in Arbeit umgewandelt werden, in Kolbendampfmaschinen und in Turbinen. Bis vor ungefähr zehn Jahren herrschte die Kolbendampfmaschine unbeschränkt, erst in neuerer

1) Zusammenfassende Bearbeitung nach den Aufsätzen von A. Stodola: Die Dampfturbinen und die Aussichten der Wärmekraftmaschinen, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1903. Vergl. Stodola: Die Dampfturbinen, 2. Aufl. 1904. Berlin, Julius Springer; Cl. Feldmann, Amerikanische Dampfturbinen, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1904; Gutermuth: Dampfturbinen, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1904; W. Boveri: Die Dampfturbinen und ihre Anwendung mit besonderer Berücksichtigung der Parsons-Turbine, Stahl und Eisen 1904.

Zeit macht die Turbine der Kolbenmaschine eine bedeutende Konkurrenz.

Dabei war der erste Wärmemotor, von dem wir geschichtliche Kunde haben, eine Dampfturbine, nämlich die Äolipile des Hero von Alexandrien. Diese bestand aus einem um eine vertikale Achse drehbarenKessel, in dessen mittlerer Horizontalebene mehrere um ca. 90° gebogene Rohre angebracht waren, aus denen der in dem Kessel durch ein Feuer erzeugte Dampf mit grosser Geschwindigkeit in tangentialer Richtung austrat und dadurch die Maschine in Drehung versetzte. Man nennt diese Art von Turbinen, bei denen die Arbeit durch den Rückdruck des strömenden Dampfes auf die der Öffnung entgegengesetzte Rohrwand erzeugt wird, Reaktions- oder Überdruckturbinen, sie sind dadurch gekennzeichnet, dass die Umwandlung der Spannung des Dampfes in Strömungsenergie in dem rotierenden Teil der Maschine selbst vor sich geht.

Im Gegensatz hierzu findet diese Umwandlung bei den meisten modernen Turbinen in dem feststehenden Teile, dem Leitapparat, statt, während in dem rotierenden Teile, dem Laufrad, der Druck konstant ist.

Bei der Turbine von de Laval (Fig. 1 u. 2), besteht der Leitapparat aus mehreren sogen.

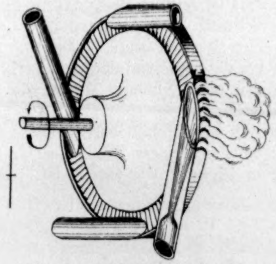


Fig. 1. Turbine von de Laval.

Düsen, das sind doppelkegelförmig ausgebohrte Rohrmundstücke, deren Querschnitte so bemessen sind, dass in ihnen die ganze Spannung des im Dampfkessel erzeugten Dampfes in Geschwindigkeit umgesetzt wird. Der rotierende Teil der Turbine wird von einem am Umfange mit Schaufeln versehenen drehbar gelagertem Rade gebildet. Aus den Düsen strömt nun der Dampf mit der gesamten der Spannungsumwandlung entsprechenden Geschwindigkeit gegen die Schaufeln des Laufrades, fliesst an ihnen entlang und tritt, nachdem er seine Energie an die Schaufeln abgegeben hat, an der den Düsen entgegengesetzten Seite mit geringer Geschwindigkeit aus, ins Freie oder in den Kondensator. Der Dampf wirkt hier durch die Kraft, die der in den Schaufeln um fast 180° abgelenkte Dampfstrahl infolge der Richtungs- und Geschwindigkeitsänderung auf sie ausübt. Zum Unterschied von den oben erwähnten Reaktions- oder Überdruckturbinen nennt man diese Art von Turbinen Aktions- oder Druckturbinen. Diese recht unglücklich gewählten Bezeichnungen sind vom Wasserturbinenbau, bei dem sie sich leider allgemein eingebürgert haben, übernommen worden.

Eine grosse Schwierigkeit bei der Ausbildung der Dampfturbinen bietet die hohe Umfangsgeschwindigkeit, die man den Schaufeln

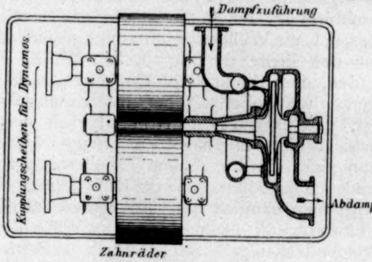


Fig. 2. Turbine von de Laval.

geben muss, wenn man die Strömungsenergie des Dampfes so vollständig in Arbeit umwandeln will, dass der austretende Dampf fast keine Geschwindigkeit mehr besitzt. Bei einer idealen Aktionsturbine, bei der der Dampf in der Richtung der Umfangsgeschwindigkeit auf die Schaufeln auftrifft und durch diese um 180° abgelenkt wird, müsste nämlich, wie leicht bewiesen werden kann, die Umfangsgeschwindigkeit u gleich der Hälfte der Geschwindigkeit v sein, mit der der Dampf die Düse verlässt. Nun beträgt bei den heute üblichen Dampfspannungen von 10 bis 12 Atm. diese Austrittsgeschwindigkeit rund 1000 m per Sek., die Schaufeln müssten also theoretisch eine Umfangsgeschwindigkeit von ungefähr 500 m per Sek. erhalten. In Wirklichkeit tritt allerdings infolge verschiedener Verluste die günstigste Ausnutzung bei ca. 300 bis 400 m per Sek. ein, und deshalb erhalten auch in der Praxis die Turbinen diese Geschwindigkeit. Bei der Reaktionsturbine liegen die Verhältnisse noch ungünstiger, da hier theoretisch $u = v$ sein müsste.

Infolge dieser hohen Umfangsgeschwindigkeit treten im Schaufelkranz ausserordentlich grosse Fliehkräfte auf, die den Kranz auseinander zu sprengen suchen, die Turbinen müssen daher aus allerbestem Material hergestellt werden. Da im Falle einer Explosion des Rades diese um so verheerender wirkt, je grösser das Rad ist, so beschränkt sich de Laval bei seinen Rädern auf kleinere Durchmesser, rund 300 bis 500 mm, maximal 760 mm. Dadurch ergeben

sich natürlich ungemein hohe Umlaufzahlen, ungefähr 15000—20000 pro Minute. Infolge dieser hohen Umlaufzahlen macht sich der Umstand, dass man trotz grosser Sorgfalt bei der Herstellung der Laufräder ihren Schwerpunkt nie genau in die Drehachse bringen kann, ausserordentlich störend bemerkbar. Kleine Schwerpunktsexzentrizitäten, vielleicht von nur $^1/_{10}$ mm rufen schon erhebliche Fliehkräfte und dadurch unzulässige Ausbiegungen der Welle hervor, ja bei einer bestimmten, vom Radgewicht und den Dimensionen der Welle abhängigen Umlaufzahl, der sogenannten kritischen Umlaufzahl, wird die Durchbiegung der Welle theoretisch unendlich gross, d. h. die Welle wird zum Bruch geführt. Man kann nun keine derartig starken Wellen verwenden, dass die kritische Umlaufzahl noch genügend weit oberhalb der Betriebsumlaufzahl liegt, und es wäre die Ausführbarkeit der de Laval-Turbine überhaupt in Frage gestellt, wenn nicht ein von diesem Erfinder zuerst erkanntes Phänomen ihm zu Hilfe käme. Befestigt man nämlich das Turbinenrad auf einer verhältnismässig dünnen biegsamen Welle, deren kritische Umlaufzahl weit unterhalb der Betriebsumlaufzahl liegt, so stellt sich bei der letzteren der Schwerpunkt des Rades von selbst in die Drehachse ein. Da nun wegen der hohen Umlaufzahl das Drehmoment, das die Welle zu übertragen hat, selbst bei grössern Maschinen klein ist, so steht der Anwendung einer derartigen Federwelle nichts im Wege. Damit beim Anlassen der Turbine die kritische Umlaufzahl ohne schädliche Ausbiegung der Welle überschritten werden kann, versieht de Laval das Laufrad mit einer starken, beiderseits vorstehenden Nabe, die bei normalem Betrieb mit etwas Spiel in zwei festen kurzen Sicherheitslagern schwebt, an die sie sich aber in der Nähe der kritischen Umlaufzahl anlegt.

Die Umwandlung der hohen Umlaufzahl in eine für Arbeitsmaschinen, z. B. Dynamos oder Ventilatoren, brauchbare geschieht durch sehr sorgfältig gearbeitete breite Zahnräder. Durch sie wird ein Übersetzungsverhältnis von 1 : 10 bis 1 : 13 erreicht. Bei grösseren Maschinen fallen die Zahnräder aber ungemein schwerfällig und teuer aus, so dass die Turbine von de Laval auf kleinere Leistungen, bis ungefähr 300 Pferdestärken, beschränkt ist.

Ein Mittel, die Umlaufzahl kleiner zu erhalten, liegt in der Anwendung grösserer Durchmesser, denn da, wie oben gezeigt, die Umfangsgeschwindigkeit der Schaufeln festliegt, so ist die Umlaufzahl dem Raddurchmesser umgekehrt proportional. Bei Rädern von 2 m Durchmesser, wie sie zuerst Riedler-Stumpf, und nach ihnen die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft anwendet, kommt man bereits auf 3000 Umdrehungen pro Minute herunter, so dass man eigens dafür konstruierte Dynamos schon direkt mit der Turbine kuppeln kann. Natürlich müssen diese Räder aus bestem Nickelstahl mit grösster Sorgsamkeit hergestellt werden. Mit Rücksicht auf die Ausführbarkeit kann man ausserdem mit dem Durchmesser der Räder nicht zu hoch gehen und ist so bei diesem Mittel der Tourenverminderung ziemlich beschränkt.

Eine theoretisch unbegrenzte Verringerung der Umlaufzahl kann man aber dadurch erzielen, dass man die Energie des Dampfes nicht in einer, sondern in mehreren hintereinander geschalteten Turbinen in Arbeit umwandeln lässt. Giebt man z. B. einer reinen Aktionsturbine, wie der von de Laval, eine Umfangsgeschwindigkeit u, die nur $^1/_4$ der Dampfgeschwindigkeit v beträgt, so verlässt der Dampf, dessen Geschwindigkeit im Laufrad um den Betrag $2\,u$ vermindert wird, die Turbine mit der beträchtlichen Geschwindigkeit von ca. $v - 2 \cdot {}^1/_4\, v = {}^1/_2\, v$. Diesen Abdampf kann man nun durch einen zweiten Leitapparat auf ein anderes Turbinenrad leiten, in dem jetzt der Rest der Strömungsenergie in Arbeit umgewandelt wird. Man nennt dies Verfahren, das natürlich nicht auf zwei Räder beschränkt ist, Geschwindigkeitsabstufung, und zwar vermindert sich die Umlaufzahl direkt proportional der Stufenzahl. Bemerkenswert ist hierbei die Zunahme des Durchtrittsquerschnitts nach der Austrittsseite zu, die so bemessen werden muss, dass der sich allmählich verzögernde und dadurch verbreiternde Dampfstrahl ohne Stauung durch die Turbine treten kann.

Praktisch ausgeführt wurde die Geschwindigkeitsabstufung zuerst von Curtis, dessen Turbine in Figur 3 dargestellt ist. Der Leitapparat der ersten Stufe besteht hier aus einem vollständig geschlossenen Kranz von Düsen, so dass alle Laufradzellen gleichzeitig beaufschlagt

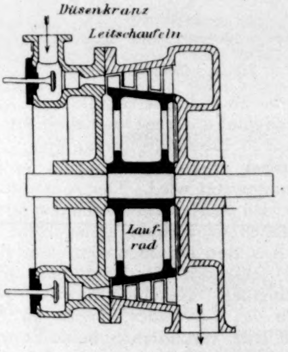


Fig. 3. Curtis-Turbine.

werden (totale Beaufschlagung). Die Leitorgane der folgenden Stufen sind Schaufeln, die vom Gehäusemantel aus radial nach innen ragen. Die Laufschaufelkränze sitzen auf einem gemeinsamen Radkörper. Andere Konstrukteure führen die Geschwindigkeitsabstufung so aus, dass sie den ersten Abdampf durch gebogene Rohre, sogenannte Umkehrschaufeln, auf das erste Turbinenrad wieder zurückführen. Sie sparen dadurch den zweiten Laufschaufelkranz, müssen dann aber natürlich auf eine totale Beaufschlagung des Laufrades durch Frischdampf verzichten.

Eine zweite Art der Stufenbildung ist die sogenannte Druckabstufung. Hierbei expandiert der Dampf in dem ersten Leitapparat nicht vollständig, sondern bei 10 Atm. Anfangsdruck vielleicht nur von 10 auf 9 Atm., und dementsprechend ist die Dampfgeschwindigkeit geringer. In den folgenden Stufen expandiert der Dampf dann stufenweise bis zum Kondensator- oder Atmosphärendruck. Diese Turbinen haben gleichfalls nach der Auspuffseite zu wachsende Durchtrittsquerschnitte. Sie wachsen aber nicht so stark wie bei den entsprechenden Curtis-Turbinen, so dass der Dampf hier nicht ungehindert hindurchströmen kann; es wird vielmehr durch diese relative Verengung ein gewisser Rückstau erzeugt, der die stufenweise Druckzunahme von der Austritts- nach der Eintrittsseite zu zur Folge hat. Die Druckabstufung ist weniger wirksam wie die Geschwindigkeitsabstufung: da nämlich die Geschwindigkeit der Quadratwurzel aus der dem Druckgefälle entsprechenden potentiellen Energie des Dampfes ist, so fällt die Umlaufzahl nur proportional der Quadratwurzel aus der Stufenzahl. Vier Druckstufen sind also erst ebenso wirksam wie zwei Geschwindigkeitsstufen. Andrerseits besitzt die Druckabstufung den Vorteil, dass die Geschwindigkeiten in den Schaufeln und damit auch die

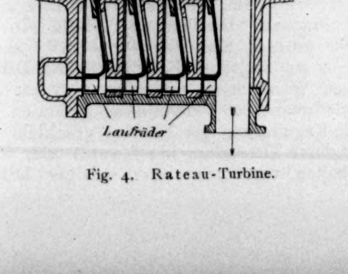


Fig. 4. Rateau-Turbine.

Reibungsverluste kleiner sind wie bei den Turbinen mit Geschwindigkeitsabstufung.

Angewandt wird die Druckabstufung bei den Turbinen von Rateau, Zölly und Parsons, die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft wendet je nach Bedarf das eine oder das andere oder beide Verfahren an.

Die Turbine von Rateau ist in den Fig. 4 und 5, die von Zölly in Fig. 6 dargestellt.

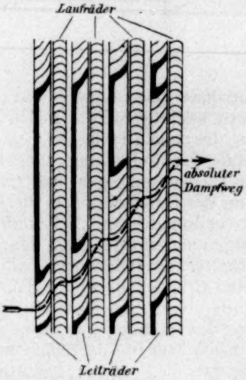


Fig. 5. Beaufschlagung der Laufräder bei der Rateau-Turbine.

Beide ähneln sich im äusseren Aufbau sehr: die Laufräder sitzen auf einer gemeinsamen Welle, die Leitschaufeln sind in die Zwischenwände, die die einzelnen Turbinenkammern trennen,

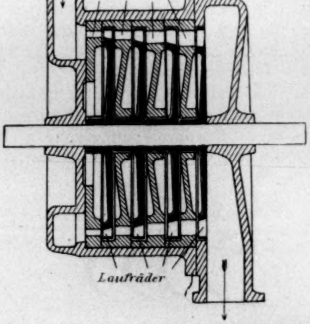


Fig. 6. Zölly-Turbine.

eingelassen. Das Gehäuse, in dem diese Scheidewände sitzen, ist in der Längsrichtung geteilt, so dass nach Lösung der Verbindungsschrauben der obere Teil abgehoben werden kann, wodurch die Turbinenräder zugänglich werden. Der Hauptunterschied zwischen den beiden Turbinensystemen liegt in der Art, wie die

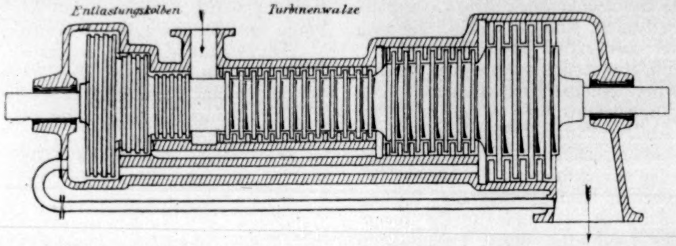


Fig. 7. Parsons-Turbine.

Volumenzunahme des Dampfes durch die Expansion berücksichtigt wird. Zölly verändert wie Curtis die radiale Höhe der Schaufeln und wendet totale Beaufschlagung aller Räder an, die Rateau-Turbine dagegen hat partielle Beaufschlagung der Laufräder, d. h. die Leitkränze sind nicht vollständig mit Schaufeln besetzt, sondern tragen nur einzelne am Umfange gleichmässig verteilte Schaufelgruppen, während die zwischen den Gruppen liegenden Segmente abgedeckt sind. Nun lässt Rateau (Fig. 5), der Ausdehnung des Dampfes entsprechend die Anzahl der Leitschaufeln der einzelnen Stufen wachsen, so dass die Laufräder nach der Niederdruckseite zu immer voller beaufschlagt werden und daher das wachsende Dampfvolumen hindurchlassen können.

Die Turbine von Parsons (Fig. 7), ist die einzige der modernen Turbinen, die das Reaktionsprinzip anwendet. Die Expansion geht dabei folgendermassen vor sich: Soll z. B. in der ersten Stufe der Dampf von 10 auf 9 Atm. abnehmen, so expandiert er im Leitapparat nur auf ungefähr $9\frac{1}{2}$ Atm. und nimmt eine dementsprechende Geschwindigkeit an. Er tritt also mit einem Überdruck von $\frac{1}{2}$ Atm. in das Laufrad ein, in dem die weitere Expansion auf 9 Atm. vor sich geht. Dieser Überdruck wird durch die Form der Laufradkanäle bewirkt (Fig. 8), die im Gegensatz zu denen der Aktionsturbinen (Fig. 9) eine Verengung des Querschnitts zeigen. Der Dampf wirkt demnach erstens durch den Ablenkungsdruck des aus den Leitschaufeln ausströmenden Dampfes, zweitens durch den Rückdruck des im Laufrad expandierenden Dampfes. Man bezeichnet daher die Parsons-Turbine als eine gemischte Aktions- und Reaktionsturbine. Es wird hierbei eine sehr gleichmässige Druckabnahme die Turbinenwalze entlang erzeugt, und die Druckdifferenzen zwischen je zwei Schaufelkränzen sind gering. Allerdings hat, wie schon zu Anfang erwähnt wurde, das Reaktionsprinzip den Nachteil, grössere Umfangsgeschwindigkeiten zu verlangen, es müssen also zur Erzeugung einer brauchbaren Umlaufszahl mehr Stufen verwandt werden wie bei der reinen Aktionsturbine. Parsons verwendet bis 70, ja selbst 100 Stufen in einer Turbine und kommt dadurch mit seinen Umlaufzahlen bis auf 500 pro Minute herunter.

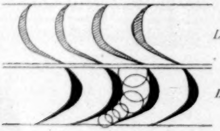


Fig. 8. Schaufeln einer Reaktionsturbine.

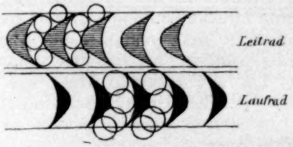


Fig. 9. Schaufeln einer Aktionsturbine.

Das Laufrad der Parsons-Turbine wird durch eine lange hohle Stahlgusswalze gebildet, auf der die Schaufeln der einzelnen Kränze strahlenförmig befestigt sind. Die Leitschaufeln ragen aus dem längsgeteilten Gehäuse radial nach innen. Die Volumenzunahme des Dampfes infolge der Expansion berücksichtigt Parsons aus Herstellungsrücksichten nicht von Stufe zu Stufe, er teilt vielmehr die ganze Turbine in drei Hauptgruppen von verschiedenem Durchmesser und verschiedener Schaufellänge, Hochdruck-, Mitteldruck- und Niederdruckturbine. Um den starken Axialdruck, den der strömende Dampf erzeugt, aufzunehmen, bringt Parsons Entlastungskolben auf dem der Strömungsrichtung entgegengesetzten freien Ende der Turbine an. Die Parsons-Turbine wird bis zu sehr grossen Einheiten (5000 P.S.) ausgeführt, sie ist augenblicklich von allen Dampfturbinen am weitesten verbreitet und hat auch als Schiffsmaschine Verwendung gefunden.

Die Regulierung der Turbine geschieht entweder durch Drosselung (de Laval) oder durch Einschalten von mehr oder weniger Dampf-

düsen (Curtis) oder endlich durch intermittierende Zuführung des Dampfes (Parsons), wobei die Pausen zwischen den einzelnen Dampfdosen je nach der Belastung verschieden sind.

Im Dampfverbrauch kommen die Turbinen den Kolbenmaschinen jetzt ungefähr gleich. Da die meisten Dampfturbinen direkt mit Dynamos gekuppelt sind (sogenannte Turbodynamos), so wird der Dampfverbrauch gewöhnlich in kg Dampf pro Kilowattstunde angegeben, er beträgt bei sehr guten grossen Maschinen rund 6,8 kg pro Kilowattstunde, was ungefähr 4,3 kg pro indizierte Pferdestärkestunde entsprechen würde.

(Eingegangen 27. Oktober 1904).

REFERATE.

Luftelektrizität.

Besorgt von Prof. J. Elster und Prof. H. Geitel.

S. Figee, Elektrische Beobachtungen zu Batavia und an der Westküste von Sumatra während der totalen Sonnenfinsternis am 18. Mai 1901.[1])

Zu den Messungen in Batavia wurden zwei Zerstreuungselektrometer verwandt, von denen das eine zur Bestimmung der Zerstreuung positiver, das andere zur Ermittlung der Zerstreuung negativer Elektrizität in der freien Luft diente. Die Instrumente waren in den üblichen Dimensionen in Batavia angefertigt und fanden in einer nach Westen offenen Veranda Aufstellung, die Ablesung geschah mittels eines schwach vergrössernden Fernrohrs, als Isolationsmaterial wurde in Ermangelung von Bernstein Schwefel benutzt. Leider giebt Verf. nicht an, ob bei den Versuchen das metallene Schutzdach die Zerstreuungskörper überdeckte oder nicht. Der gewählte Standort und die Höhe der beobachteten Werte deuten darauf hin, dass dies nicht der Fall war. Die Zahlen sind daher wahrscheinlich ohne weiteres nicht mit den an anderen Orten ermittelten vergleichbar, was um so mehr zu bedauern ist, als derartige Messungen aus den Tropen bislang nicht vorliegen. Die Resultate sind in Tabelle I zusammengestellt.

Tabelle I.

Zeit	6—9	9—11	11a—1	1—3	3—5	5—7
$a+$	1,36	3,67	4,14	4,80	2,32	1,80
$a-$	1,76	3,79	4,15	5,05	2,78	2,57
n (Anzahl der Doppelbeobachtungen)	11	9	11	8	13	3

In dieser tritt zunächst eine deutliche Abhängigkeit der Elektrizitätszerstreuung von der Erhebung der Sonne über dem Horizonte hervor. Je grösser die Sonnenhöhe, um so grösser erscheint auch die elektrische Leitfähigkeit der Luft. Es spiegelt sich hierin unter Berücksichtigung des grossen stationären Wasserdampfgehaltes der Luft jener Gegend nach Ansicht des Referenten die Thatsache wieder, dass die Elektrizitätszerstreuung um so geringer wird, je mehr sich die Temperatur der Luft dem Kondensationspunkte des Wasserdampfes nähert.

Mit dieser Auffassung steht auch die Beobachtung Figees im Einklang, dass während der Dauer ergiebiger Regengüsse die Elektrizitätszerstreuung fast auf Null herabsinkt. Ein deutlicher Einfluss der Bewölkung bei Abwesenheit von Niederschlägen konnte nicht aufgefunden werden, dagegen entsprachen im allgemeinen hohen Werten des Potentialgefälles niedere der Zerstreuungskoeffizienten und umgekehrt. Bei der gewählten Aufstellung des Apparates war die sonst so störende Wirkung des elektrischen Feldes der Erde stark eingeschränkt. Wie zu erwarten, ist daher der Quotient $\frac{a-}{a+}$ im Mittel nur wenig grösser als eins.

Es ist sehr erfreulich, dass Verfasser unter Verwendung neuer von Günther & Tegetmeyer bezogner Instrumente die begonnenen Messungen fortzusetzen gedenkt. Die mitgeteilten Resultate sind daher nur als vorläufige zu betrachten. Man wird den weiteren Ergebnissen dieser dankenswerten Bemühungen des Verf., zumal bei der ausgesprochen tropischen Lage des Beobachtungsortes, mit grösstem Interesse entgegensehen.

In Karang-Sago an der Westküste Sumatras, wo während der totalen Sonnenfinsternis am 18. Mai sowohl Potentialmessungen wie auch Zerstreuungsmessungen geplant waren, wurden die ersteren durch die Elektrisierung der Luft durch das zerspritzende Wasser der Brandung vereitelt. Die Zerstreuungsapparate standen hier in freiem Gelände unter einem Schutzdach aus Bambusrohr. Der den Zerstreuungskörper überdeckende metallische Schutzcylinder scheint auch hier nicht verwandt zu sein. Die Beobachtungen begannen am 9. Mai und wurden bis zum 18. fortgeführt. Tabelle II giebt die Mittelwerte wieder.

Tabelle II.

Zeit	6—9	9—11	11a—3p	3—5	5—7	Max.	Min.
$a+$	7,68	8,02	7,25	7,54	3,53	11,8	2,2
$a-$	11,40	10,88	9,28	9,26	5,03	15,8	2,8
n	5	13	15	7	3		

1) Appendix III zu Band 24 der Veröffentlichungen des königl. magnetischen und meteorologischen Observatoriums zu Batavia 1903.

Die in dieser verzeichneten Werte der a sind ausserordentlich hoch und etwa von der Grössenordnung der Zahlen, die Referent im August 1900 an den Küsten Spitzbergens fand, wenn ohne Schutzdach bei frei dastehendem Apparate gemessen wurde. Der Umstand, dass sich in Karang-Sago durchgehends $a-$ beträchtlich grösser als $a+$ ergab, deutet darauf hin, dass bei diesen Messungen die Apparate dem störenden Einflusse des elektrischen Feldes der Erde nicht vollständig entzogen waren.[1])

Am 18. Mai war die Luft infolge von Regenfällen am 17. ausserordentlich durchsichtig, so dass die Elektrizitätszerstreuung bereits um 10 a ungewöhnlich hohe Werte erreichte. Die Folge der Zerstreuungskoeffizienten von 10 a bis 5 p war diese:

				Totalität				
$a+$	11,8	8,6	9,5	8,4	3,3	6,3	5,8	8,6
$a-$	13,5	15,8	12,6	10,9	5,4	9,6	6,7	9,9

Unmittelbar nach der Totalität nahm also die Zerstreuung für beide Elektrizitäten einen abendlichen Typus an (vergl. Tab. I).

Nach Ansicht des Referenten wird man kaum fehl gehen, wenn man den Grund auch für diese Erscheinung in der in dem Schattenkegel durch die Abkühlung angebahnten Kondensation des Wasserdampfes erblickt.

Einem vom Verf. geäusserten Wunsche entsprechend führt Referent die von ihm während der totalen Sonnenfinsternis zu Algier am 28. Mai 1900 ermittelten Werte der Zerstreuungskoeffizienten hier nachträglich an. Von der Publikation dieser Zahlen wurde seiner Zeit deshalb abgesehen, weil sie mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind. Bei den fortlaufenden Messungen des Potentialgefälles war es nämlich nicht möglich, für das Zerstreuungselektrometer jedesmal das Intervall von 15 Minuten einzuhalten. Hierdurch leidet aber die Vergleichbarkeit der Zahlen untereinander. Die Folge der mittleren Zerstreuungskoeffizienten in Algier war gemessen von $1-5\frac{1}{2}$ p diese:

			Totalität				
1,0	1,0	0,9	1,3	2,5	2,5	2,1	2,0

Hier wuchs also die Leitfähigkeit der Luft, nachdem der Schattenkegel den Beobachtungsort passiert hatte.

1) Misst man ohne Schutzdach, so kann bei hohem positiven Potentialgefälle auch in absolut ebenem Gelände ein so ausgesprochen unipolares Leitvermögen der atmosphärischen Luft vorgetäuscht werden, wie es sonst nur auf hohen Berggipfeln beobachtet wird. Ref. fand z. B. im Juli 1902 auf dem der nordfriesischen Insel Juist vorgelagerten ganz ebenen Watt zur Zeit der Ebbe bei einem Potentialgefälle von rund 400 Volt/Meter für den Quotienten $\frac{a-}{a+}$ Zahlen, die durchschnittlich zwischen 2—5 lagen, in einem extremen Falle ergab sich sogar $\frac{a-}{a+} = 11$.

Bei dieser Sachlage wird man dem Vorschlage des Verf., bei der am 29. August 1905 in Spanien stattfindenden totalen Sonnenfinsternis die Zerstreuungsmessungen zu wiederholen, nur zustimmen können. J. Elster.

(Eingegangen 15. Oktober 1904.)

Photochemie.

Besorgt von Prof. K. Schaum.

J. M. Eder u. E. Valenta, Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse. 4°. XII u. 425 + 174 + 167 + 30 + 51 Seiten (5 Teile). Mit 93 Illustrationen im Text und 60 Tafeln. Wien 1904. Aus der K. K. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt. (Kommissionsverlag: W. Knapp, Halle; R. Lechner, Wien.) M. 20,—.

In dem vorliegenden stattlichen Band sind die von den Verf. und ihren wissenschaftlichen Mitarbeitern in den letzten 20 Jahren ausgeführten Untersuchungen vereinigt. Zwar stehen die gesammelten Abhandlungen in innerem Zusammenhang; ein Lehr- oder Handbuch soll das Werk jedoch keineswegs bilden; aber es giebt etwas, was Lehr- und Handbücher nicht oder nicht in dem Masse zu geben vermögen: es zeigt, wie der Mensch mit seinen höheren Zwecken, wie des Forschers Leistungsfähigkeit mit dem Bestreben, immer tiefer in ein Gebiet einzudringen, wächst, wie dementsprechend die Hilfsmittel sich mehr und mehr vervollkommnen, die Genauigkeit der Messungsergebnisse ständig steigt. Dies zu verfolgen, bietet einen hohen Genuss für jeden, der nicht nur nach den Ergebnissen wissenschaftlicher Forschung fragt, sondern auch nach den Wegen, auf denen sie gewonnen sind. Da im übrigen das Studium von Originalabhandlungen neben Lehr- und Handbüchern unentbehrlich ist, wird der Spektroskopiker und der Photochemiker es aufs freudigste begrüssen, dass die wertvollen Arbeiten der bekannten Forscher nunmehr leicht zugänglich gemacht, sowie auch durch bisher nichtpublizierte Abhandlungen und Tafeln erweitert worden sind.

Der Inhalt zerfällt in 5 Teile: 1. Spektralanalytische Untersuchungen. In diesem Abschnitt sind die zahlreichen von der Kaiserlichen Akademie zu Wien im Jahre 1895 mit dem Lieben-Preis ausgezeichneten Arbeiten zusammengestellt, welche die Verf. mit Glas-, Quarz- und Gitterspektrographen ausgeführt haben. Ganz vortrefflich sind die beigegebenen Spektraltafeln in Heliogravüre; sie legen beredtes Zeugnis davon ab, was die wissenschaftliche Photographie im Dienste der Physik und Chemie zu bieten vermag; sie zeigen dem Forscher, wie er die Spektralaufnahmen rationell ausführen,

wie er Vergleichsspektren einphotographieren soll, wie er die Minimumstellung des Prismas auf photographischem Wege ermitteln kann u. a.; auch im Unterricht werden die Tafeln gute Dienste leisten, indem sie die Linienverbreiterung bei höheren Drucken, die Selbstumkehr und zahlreiche andere Phänomene vorzüglich wiedergeben. — 2. Sensitometrie und Photometrie chemisch wirksamer Strahlen-Solarisation. Dieser Teil enthält ausser verschiedene Abhandlungen über chemische Lichtwirkungen (z. B. über das Edersche Quecksilberoxalatphotometer) die grundlegenden Untersuchungen Eders über die Empfindlichkeitsprüfung photographischer Platten; die Apparate, die Messmethoden und die rationelle Verwertung des Zahlenmaterials werden eingehend geschildert; graphische Darstellungen geben ein anschauliches Bild von dem Schwärzungsgesetz photographischer Schichten u. a. Wichtige Versuche über das Wesen der rätselhaften Solarisationsphänomene und eine Tafel, welche die Umkehrungserscheinungen bei Spektralaufnahmen in verschiedenen Stadien zeigt, bilden den Schluss dieses Kapitels. — 3. Verhalten der Silbersalze gegen das Spektrum (Farbensensibilisatoren). Die ersten systematischen Untersuchungen über die von H. W. Vogel entdeckte „optische Sensibilisierung" stammen bekanntlich von Eder (1884); in der Folgezeit hat sich neben ihm ganz besonders Valenta um die Erforschung dieses Gebietes verdient gemacht. Die Sammlung der Arbeiten der genannten Forscher werden demjenigen, der sich mit Untersuchungen über Sensibilisatoren beschäftigt, ebenso zuverlässige Anleitungen geben, wie die reproduzierten vorzüglichen Spektralaufnahmen auf den verschiedenartigsten farbenempfindlichen Plattensorten schnell über die Wahl eines Sensibilisators oder eines Handelsproduktes Rat erteilen. — 4. Spektralanalytische Studien über photographischen Dreifarbendruck. In dieser umfangreichen Studie beschreibt Eder seine spektroskopischen Untersuchungen über die für die Dreifarbenaufnahme wichtigen Lichtfilter, über das Spektrum des von Druckfarben reflektierten Lichtes und über das spektrographische Verhalten der für das Dreifarbenverfahren in Betracht kommenden Plattensorten. Wer glaubt, dass dieses Verfahren — dessen Grundlagen ganz besonders von Maxwell und Helmholtz angegeben wurden — kein Gebiet der wissenschaftlichen Photographie, sondern Sache der Technik sei, wird bei der Durchsicht der vorliegenden Abhandlung seinen Irrtum erkennen. — 5. Untersuchung von Druckfarben. Die in diesem Abschnitt mitgeteilten Studien über Lichtechtheit, Deckkraft etc. von Druckfarben haben vornehmlich für den Farbentechniker Interesse.

Natürlich ist mit dieser kurzen Inhaltsangabe auch nicht annähernd ein Bild von der Reichhaltigkeit des vorliegenden, fast 90 Abhandlungen umfassenden Werkes gegeben. Erwähnt sei noch, dass die 60 Tafeln zum grossen Teil Heliogravüren sind und ferner einige Farbendrucke enthalten. Die Drucklegung des Buches, der Abbildungen und der Tafeln erfolgte in der K. K. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt zu Wien, deren Leiter bekanntlich Eder ist. Dadurch ist es auch wohl einzig und allein möglich gewesen, dass der vortrefflich ausgestattete Band zu einem so erstaunlich billigen Preis abgegeben werden kann, der es jedem Spektroskopiker und Photochemiker ermöglicht, das Werk zu erwerben. Karl Schaum.

(Eingegangen 7. November 1904.)

BESPRECHUNGEN.

Wilhelm Kösters, Der Gummidruck. gr. 8°. VIII u. 108 S. Mit 1 Titelbild, 8 Bildertafeln und 22 Figuren. (Enzyklopädie der Photographie; Heft 51.) Halle a. S., W. Knapp. 1904. M. 3,—.

Das Gummidruck-Verfahren hat in den letzten 10 Jahren in der „künstlerischen" Photographie eine sehr grosse Bedeutung gewonnen, da es von allen Kopierprozessen dem Photographen den grössten persönlichen Einfluss auf die Gestaltung des Bildes gestattet und mit der durch den Prozess bedingten Unschärfe den malerischen Effekt der Bilder erhöht. Aus den gleichen Gründen ist es aber für die wissenschaftliche Photographie die am wenigsten geeignete Abbildungsweise.

Das vorliegende Buch giebt eine leicht verständliche Anweisung zur Herstellung von Gummidrucken und enthält manchen praktischen Rat, der auf eine langjährige Erfahrung des Verfassers schliessen lässt. Was aber über die Theorie des Gummidrucks gesagt ist, zeigt nur, dass seit den grundlegenden Experimenten Eders aus den 80er Jahren keine wesentlichen Fortschritte auf diesem Gebiete gemacht sind. Da heute die Entwicklung dieser Technik zu einem gewissen Abschlusse gekommen ist, so wäre es jetzt wohl an der Zeit, wenn nun die Wissenschaft das Wort ergriffe und wie der Chor in der antiken Tragödie erzählte, weshalb alles so geschehen ist.

Auf einen weit verbreiteten Irrtum sei hier kurz hingewiesen. Trage ich in einem Koordinaten-

system als Abszisse die Skala des Vogelschen Photometers, als Ordinate die Schwärzung eines unter dem betreffenden Skalenteil belichteten photographischen Papieres auf, so kann die entstehende Kurve, da der Lichtverlust grösstenteils durch diffuse Reflektion und nicht durch Absorption erfolgt, nicht eine gerade Linie sein, wie der Verf. auf Seite 58 fälschlich behauptet.

Riesenfeld.

(Eingegangen 20. Oktober 1904.)

E. Holm, Das Photographieren mit Films. gr. 8°. VI u. 64 S. Mit 51 Abbildungen. (Photographische Bibliothek XI.) Berlin, G. Schmidt. 1904. M. 1,20.

Das vorliegende Buch giebt eine sachgemässe Anleitung zum Arbeiten mit Films, wobei die Anfangsgründe der Photographie auf Trockenplatten vorausgesetzt werden. Bei der Besprechung der Vorzüge und Nachteile der Films gegenüber den Glasplatten begeht der Verfasser nicht den häufig bemerkten Fehler, die Vorzüge der von ihm besprochenen Arbeitsweise auf Kosten der anderen allzusehr herauszustreichen.

Auch die beiden vielversprechenden Neuerungen auf dem Gebiete der Filmsphotographie: die N. C. (non curling)-Films der Kodak-Gesellschaft und die Vidilfilms der Leipziger Buchbinderei-Aktiengesellschaft werden eingehend besprochen. Die Vidilfilms bestehen aus Flachfilms, die mit einer Kante auf einen Streifen Papier derartig aufgeklebt sind, dass zwischen je 2 Filmfolien immer ein Raum von der Grösse des betreffenden Bildformates frei bleibt. Das Papier des Unterlagsstreifens ist weiss und durchscheinend, wie Mattglass. Die nicht von Folie bedeckten Stellen werden wie eine Mattscheibe zum Einstellen der jeweils folgenden Filmaufnahme benutzt. Wohl im Interesse der strengen Sachlichkeit lässt der Verfasser unerwähnt, dass der Erfinder dieser Filmpackung ein 15 jähriger Knabe, der Sohn des Leiters der Leipziger Buchbinderei-Aktiengesellschaft, Gustav Fritzsche, sein soll.

Riesenfeld.

(Eingegangen 19. Oktober 1904.)

Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1904. Herausgegeben von J. M. Eder. Achtzehnter Jahrgang. gr. 8°. X und 660 S. Mit 189 Abbildungen im Texte und 29 Kunstbeilagen. Halle a. S., W. Knapp. 1904. M. 8,00.

Das Edersche Jahrbuch, dessen 18. Jahrgang soeben erschienen ist, ist so bekannt und beliebt, dass es eine lobende Anpreisung nicht mehr nötig hat. Auch dieser Jahrgang enthält wie alle früheren neben dem recht vollständigen Jahresbericht über die Fortschritte der Photographie eine grosse Zahl Originalartikel aus der Feder namhafter Fachgenossen: Abegg, Lüppo-Cramer, Pfaundler, Quincke, Schaum, Valenta u. a. Bei dem reichhaltigen und vielseitigen Inhalte des Buches kann es unmöglich der Zweck dieser Zeilen sein, auf Einzelheiten einzugehen. Im allgemeinen gewinnt man beim Durchblättern des Buches den Eindruck, dass das verflossene Jahr der Photographie keine unerwarteten und bedeutenden Entdeckungen geschenkt hat, dass aber in stiller und gleichmässiger Arbeit viele kleine Erfolge erzielt wurden. Und das gilt auch von den beiden neuen, zuerst mit überschwenglichen Hoffnungen begrüssten Reproduktionsverfahren: der Ozo- und der Katatypie. Riesenfeld.

(Eingegangen 20. Oktober 1904.)

Metallurgie. Zeitschrift für die gesamte metallurgische Technik: Aufbereitung — Metallgewinnung — Metallverwertung unter Ausschluss des Eisenhüttenwesens. Herausgegeben von W. Borchers. Halle a. S., W. Knapp. Erscheint vierzehntägig. Vierteljährlich M. 4,00.

Wieder eine neue Zeitschrift! Die „Metallurgie" soll ausschliesslich der Förderung der metallurgischen Technik ausser derjenigen des Eisenhüttenwesens dienen, da dieses durch „Stahl und Eisen" für Deutschland ausreichend vertreten ist. Dem übrigen Metallhüttenwesen fehlte bisher ein Organ, das nur dieses Gebiet pflegte. Ob trotz dessen ein Bedürfnis für die Gründung einer neuen Zeitschrift vorlag, ist schwer zu sagen. Durch ihr Fortbestehen wird das neue Blatt erst seine Existenzberechtigung zu erweisen haben, denn jede Zeitschrift ist eben — mehr oder weniger — auch ein pekuniäres Unternehmen. Riesenfeld.

(Eingegangen 20. Oktober 1904.)

C. E. Bergling, Stereoskopie für Amateur-Photographen. gr. 8°. IV u. 58 S. Zweite durchgesehene Auflage. Mit 24 Figuren. (Photographische Bibliothek III.) Berlin, G. Schmidt. 1904. M. 1,20.

W. Scheffer, Anleitung zur Stereoskopie. Mit einem Anhang: Steroskopische Formeln u. a. gr. 8°. VIII u. 99 S. Mit 37 Abbildungen. (Photographische Bibliothek XXI.) Berlin, G. Schmidt. 1904. M. 2,50.

Wenn ein Verlag in der gleichen Bibliothek zwei Bücher des gleichen Inhalts erscheinen lässt, so muss er wohl selbst das Gefühl gehabt haben, dass zum mindesten das erste Buch den gedachten Zweck nicht völlig erfüllt.

Diesem Urteil kann sich der Referent nur anschliessen. Herr Bergling giebt nicht etwa

eine Beschreibung, wie eine typische Stereoskop-Kamera und die gebräuchlichen Stereoskope gebaut sind oder eine Anleitung, wie eine stereoskopische Aufnahme gemacht wird. Er stellt nur ganz allgemeine „Forderungen" dafür auf. Diese scheinen dem Referenten zum Teil selbstverständlich zu sein und mit der Stereoskopie an sich nichts zu thun zu haben wie z. B. die folgende: „Die Kassette muss nicht nur so eingerichtet sein, dass die Platte in der Richtung nach den Objektiven zu, in der Kassette eine feste Lage einnimmt, sondern auch so, dass die Platte in Bezug auf die Kanten der Kassette immer dieselbe Lage behauptet."[1])

An Stelle eines Hinweises auf einige der vielen überall im Handel für 3 bis 300 Mark erhältlichen Stereoskope, zieht der Verfasser es vor, Masse und Zeichnungen anzugeben, nach denen ein „geschickter Optiker das Stereoskop wird anfertigen können".

Die von Herrn Scheffer geschriebene Anleitung dürfte ihre Aufgabe weit besser erfüllen. Die neuesten stereoskopischen Aufnahme- und Betrachtungsapparate sind abgebildet und kurz beschrieben. Auch ist eine vom Verf. erst kürzlich angegebene Versuchsanordnung zur mikrostereoskopischen Photographie bereits in das Buch mit aufgenommen. Doch hat sich der Verfasser eine — vielleicht unnötige — Beschränkung auferlegt, da er nur die Frage bespricht, wenn stereoskopische Aufnahmen die subjektiven Eindrücke perspektivisch richtig wiedergeben. Ein ganz besonders reizvolles und für manche Zwecke gewiss wertvolles Arbeitsfeld liegt doch auch in Aufnahmen mit unnatürlicher (übertriebener oder verringerter) Okulardistanz. Ferner glaubt der Referent, dass das in erster Linie für den gebildeten Laien bestimmte Büchlein nur gewonnen hätte, wenn der mathematisch frisierte Anhang fortgeblieben wäre. Riesenfeld.

1) S. 33.

(Eingegangen 19. Oktober 1904.)

Het **Natuurkundig Laboratorium der Rijks-Universiteit te Leiden in den Jahren 1882—1904. Gedenkboek aangeboden aan den Hoogleeraar H. Kamerlingh Onnes, Directeur van het Laboratorium, bij Gelegenheid van zijn 25-jarig Doctorat. op 10. Juli 1902.** Leiden, bei Eduard Ijdo. 1904.

Der vorliegende Jubelband zur Feier von Kamerlingh Onnes' 25jährigem Doktorjubiläum ist von Freunden und Schülern desselben herausgegeben, um dem Jubilar einen Überblick über die Leistungen des von ihm geleiteten „Natuurkundig Laboratorium" der Reichs-Universität Leiden zu geben, und die Kenntnis davon zugleich in weiteren Kreisen zu verbreiten.

Nach einer einleitenden Vorrede von J. Bosscha behandelt der erste Hauptteil des stattlichen und vorzüglich illustrierten Bandes das Laboratorium selbst, dessen eingehende Beschreibung von H. Haga und E. van Everdingen unter Mitwirkung von L. H. Siertsema, R. Sissingh und P. Zeeman abgefasst ist.

Der zweite Hauptteil umfasst dann die von J. D. van der Waals und J. P. Kuenen unter Mitarbeit von M. de Haas, Chr. M. A. Hartman und J. E. Verschaffelt gegebene Beschreibung der im Institut ausgeführten thermodynamischen Untersuchungen. Hier giebt zunächst van der Waals einen Überblick über Kamerlingh Onnes' eigene Arbeiten, dann folgt J. P. Kuenens Zusammenstellung über Kondensation und kritische Erscheinungen von Gemischen, und daran schliessen sich weiter Abschnitte über Isothermen binärer Gemenge, Isothermen zweiatomiger Gase, Konstruktion der ψ-Fläche für Gemenge von zwei Stoffen, über kapillare Steighöhe und innere Reibung von Flüssigkeiten.

Der dritte Hauptteil ist von H. A. Lorentz unter Beihilfe von E. van Everdingen, L. H. Siertsema, R. Sissingh, C. H. Wind und P. Zeeman bearbeitet und betrifft die optischen und magnetooptischen Untersuchungen. Reflexionsvermögen, Drehung der Polarisationsebene, namentlich im Magnetfeld, Kerr- und Zeemanphänomen sind die Hauptgegenstände dieses Teiles.

Das vierte und letzte Hauptkapitel behandelt die durch P. Zeeman unter Mitwirkung von E. van Everdingen, A. Lebret und H. A. Lorentz dargestellten elektrischen Untersuchungen. Hier werden Messungen über den Halleffekt, von Dielektrizitätskonstanten und Absorption elektrischer Schwingungen in Salzlösungen behandelt.

Das Ganze stellt eine würdige Jubiläumsgabe für H. Kamerlingh Onnes dar. E. Bose.

(Eingegangen 16. Oktober 1904.)

Contributions from the Jefferson Physical Laboratory of Harvard University. Band I. Jahresbericht für 1903. Cambridge, Mass., U. S. A.

Mit dem vorliegenden Bande beginnt die jährliche Herausgabe eines Bandes, welcher die in einem Jahre im Jefferson Physical Laboratory der Harvard-Universität ausgeführten wissenschaftlichen Arbeiten enthält. Das unter der Leitung von John Trowbridge stehende Institut hat in neuerer Zeit erhebliche Geldmittel zur Verfügung, die auch zur Ausführung von Untersuchungen instand setzen, welche nur mit grösseren Mitteln mit Aussicht auf Erfolg in Angriff genommen werden können.

Der Inhalt des vorliegenden Bandes wird von 14 Arbeiten gebildet, welche sich folgen-

dermassen auf die einzelnen Mitarbeiter verteilen:

John Trowbridge: Über die Spektra von Gasen und Metallen bei hohen Temperaturen.

Theodore Lyman: Über die Verlängerung der Spektrallinien; eine Erklärung der falschen Spektra (Geister) von Diffraktionsgittern.

Edwin H. Hall: C_v in Flüssigkeiten und das a der van der Waalsschen Gleichung im Falle von Wasser; weichen fallende Körper nach Süden ab? I. und II. Teil; Versuche über die Ablenkung fallender Körper.

B. O. Peirce, Über die Wärmeleitfähigkeit gewisser Felsarten der Calumet- und Hecla-Minen; über Kurvengattungen, welche Linien gewisser ebener solenoidaler oder lamellarer Vektoren darstellen; über die Linien gewisser Klassen von solenoidalen oder lamellaren Vektoren, die bezüglich einer Achse symmetrisch sind; über verallgemeinerte räumliche Differentiation zweiter Ordnung.

W. E. Mc Elfresh: Der Einfluss okkludierten Wasserstoffs auf den elektrischen Widerstand von Palladium.

Thomas C. Mc Kay: Über die Abhängigkeit des Hallefekts von der Stromdichte beim Gold.

George W. Pierce: Über die Cooper-Hewitt-Quecksilberlampe als Funkenstrecke. Im Auszuge erschienen diese Zeitschrift **5**, 426, 1904.

Harry W. Morse und George W. Pierce: Diffusion und Übersättigung in Gelatine.

Die gesammelten Arbeiten sind zwar sämtlich schon an anderer Stelle erschienen, geben aber in der Zusammenstellung hier ein lebhaftes Bild von dem geistigen Leben eines wissenschaftlichen Instituts und dessen Jahresertrag.

E. Bose.

(Eingegangen 16. Oktober 1904.)

Berichtigungen.

In der Arbeit, A. Wassiljewa „Wärmeleitung in Gasgemischen" (diese Zeitschr. **5**, 737, 1904) ist zu setzen:

Seite 737 statt $\varkappa \varrho \bar{c} \lambda = R$: $\varkappa \varrho \bar{c} \lambda = \Re$.

„ „ „ $L = c_v R$: $L = c_v \Re$.

„ 738 „ $$L = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \frac{\varkappa \varrho_1 \bar{c}_1 \lambda_1}{(\gamma_1 - 1) M_1} + \frac{n_2}{n_1 + n_2} \frac{\varkappa \varrho_1 \bar{c}_1 \lambda_1}{(\gamma_1 - 1) M_1}:$$

$$L = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \frac{\varkappa \Re \varrho_1 \bar{c}_1 \lambda_1}{(\gamma_1 - 1) M_1} + \frac{n_2}{n_1 + n_2} \frac{\varkappa \Re \varrho_1 \bar{c}_1 \lambda_1}{(\gamma_1 - 1) M_1}.$$

Seite 739 statt $$\varkappa \varrho_1 \bar{c}_1 \lambda_1' = \frac{n}{n_1} \frac{R}{1 + \frac{n_2}{n_1} A}:$$

$$\varkappa \varrho_1 \bar{c}_1 \lambda_1' = \frac{n}{n_1} \frac{\Re}{1 + \frac{n_2}{n_1} A}.$$

„ „ „ $$\left(\frac{s_2}{s_1}\right)^2 = \frac{R_1 \varrho_2 c_2}{R_2 \varrho_1 \bar{c}_2}: \quad \left(\frac{s_2}{s_1}\right)^2 = \frac{\Re_1 \varrho_2 \bar{c}_2}{\Re_2 \varrho_1 \bar{c}_1}.$$

In der Mitteilung E. v. Aubel „Über die Zersetzung von Jodoform unter der Einwirkung von Sauerstoff und von Lichtstrahlen" (diese Zeitschr. **5**, 637, 1904) ist in der 2. Spalte, 25. Zeile von oben „65^0" statt „45^0" zu lesen.

Briefkasten.

Zur Richtigstellung!

In Nr. 21 dieser Zeitschrift (**5**, 663, 1904) findet sich in dem Bericht über die diesjährige Naturforscher-Versammlung ein Vortrag von Herrn Dr. W. Scheffer-Friedenau abgedruckt „Über Beziehungen zwischen stereoskopischen Aufnahme- und Beobachtungsapparaten."

Herr Dr. Scheffer resumiert seine Ausführungen schliesslich in dem angeblich neuen Satze, dass bei richtiger Wiedergabe telestereoskopischer Aufnahmen „Brennweite der Aufnahmeobjektive dividiert durch die Distanz der Aufnahmeobjektive gleich Brennweite der Stereoskoplinien dividiert durch die Pupillendistanz (65 mm)" sein müsse.

In eine Formel gekleidet heisst das also

$$\frac{F}{D} = \frac{f}{d}.$$

Dieser Satz ist selbst in seiner Allgemeinheit nicht neu, und es heisst den bekannten scharfen Blick Helmholtz' gewaltig unterschätzen, wenn Herr Dr. Scheffer annimmt, dass ihm diese — übrigens auch anderen selbstverständliche — Forderung entgangen wäre. In seiner „Physiol. Optik", 2. Aufl., S. 832 (682) sagt Helmholtz bei der Besprechung des Telestereoskops:

„Da die Entfernung der Spiegel an dem Instrumente 1080 mm beträgt, so ist sie 16 mal grösser als die der menschlichen Augen, und die stereoskopischen Unterschiede werden also 16 mal grösser, als für unbewaffnete Augen. Da die Vergrösserung auch eine 16 malige ist, so ist die Wirkung des Instruments die, als sehe man das Objekt mit unbewaffneten Augen aus einer 16 mal kleineren Entfernung, als man es wirklich sieht".

Wieder in eine Formel gekleidet heisst das

$$\left(\text{Fernrohrvergrösserung} = \frac{F}{f}\right) \frac{F}{f} = \frac{D}{d} = 16$$

und das ist nichts anderes, als die von Herrn Dr. Scheffer mitgeteilte Beziehung

$$\frac{F}{D} = \frac{f}{d}.$$

K. Martin-Rathenow

(Eingegangen 8. November 1904.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

An der technischen Hochschule zu Berlin habilitierte sich bei der Abteilung für Schiff- und Schiffsmaschinenbau Dr. Ing. Konrad Arldt für „Die Anwendung der Elektrizität im Schiffbau, Werftbetrieb und Hafenbau".

Ernannt wurden der a. o. Professor der Mathematik Dr. Joly in Lausanne zum Ordinarius, der bisherige Privatdozent für Mathematik an der Leipziger Universität, Dr. Heinrich Liebmann, zum ausseretatsmässigen a. o. Professor in der philosophischen Fakultät, der Erste Assistent am chemischen Laboratorium Dr. Roland Scholl zu Karlsruhe zum etatsmäßigen a. o. Professor der Chemie an der Technischen Hochschule, der Privatdozent für Physik an der Erlanger Universität Dr. Arthur Wehnelt zum a. o. Professor für theoretische und angewandte Physik.

Dr. Georg Edler von Georgievics, Professor für chemische Technologie an der höheren k. k. Staatsgewerbeschule in Bielitz, ist als Nachfolger des Hofrates Professor Karl Zulkowski an die deutsche technische Hochschule in Prag berufen worden.

Die physikalisch-mathematische Gesellschaft zu Kasan hat dem Professor der Mathematik Dr. Hilbert in Göttingen für sein Werk über die Grundlagen der Geometrie den Lobatschewsky-Preis zuerkannt.

Für die Redaktion verantwortlich Privatdozent Dr. Emil Bose in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.